

ISSN 2500-2082

Номер 1

Январь–Февраль 2024

Научно–теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



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

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

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

Рисунки к статье Дубиной Е.В. и др. «Поиск информативных маркерных систем, ассоциированных с локусами устойчивости к сосудистому бактериозу у капусты белокочанной» (стр. 15)

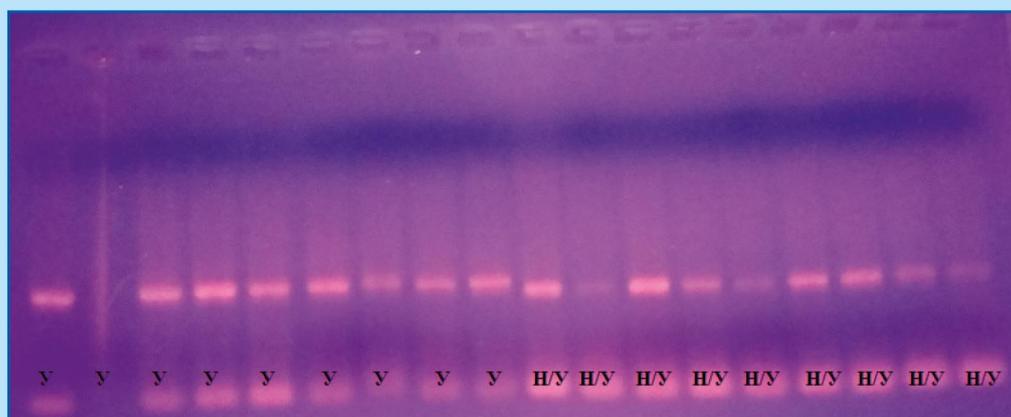


Рис. 1. Визуализация продуктов ПЦР по локусу OI10-C01 в 2%-ом агарозном геле. У – изогенная устойчивая линия 269-Яс12п-2, Н/У – изогенная неустойчивая Пи714.

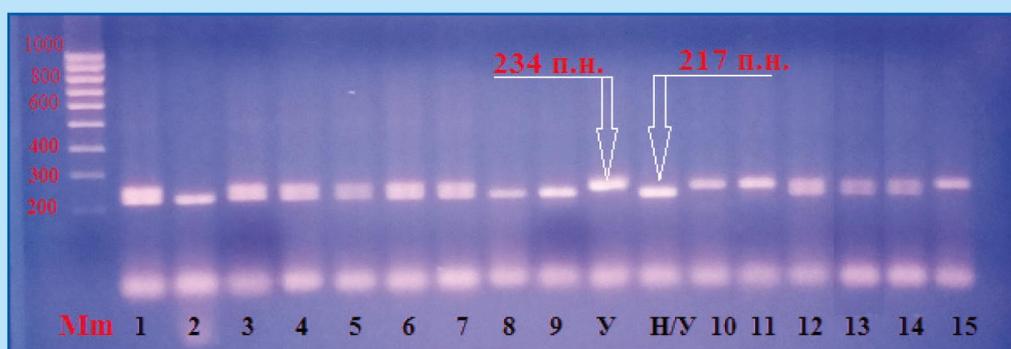


Рис. 2. Разделение продуктов амплификации растений поколения F_2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 × Пи714 по локусу OI10-C01. Mm – маркер молекулярной массы, 1...15 – растения поколения F_2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 х Пи714, У – изогенная устойчивая линия 269-Яс12п-2, Н/У – изогенная неустойчивая Пи714.



А



Б

Рис. 3. Симптомы поражения сосудистым бактериозом: А – 1 балл, Б – 2 балла.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№1 ————— Январь-Февраль ————— 2024
January-February

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

© Российская академия наук, 2024
© «Вестник российской сельскохозяйственной науки», 2024

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 мясоло-
молочной продукции), **Иванов А.Л.** (Почвенный институт имени
В.В. Докучаева), **Измайлов А.Ю.** (Федеральный научный агроин-
женерный центр РАН), **Каракотов С.Д.** (АО «Шелково Агрохим»),
Кашеваров Н.И. (Сибирский федеральный научный центр агро-
биотехнологий 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 сельскохо-
зяйственного производства), **Савченко И.В.** (Всероссийский НИИ
лекарственных и ароматических растений), **Синеговская В.Т.** (Все-
российский НИИ сои), **Фисинин В.И.** (Федеральный научный
центр «ВНИТИП» РАН), **Якушев В.П.** (Агрофизический НИИ)

члены-корреспонденты РАН

Асеева Т.А. (Хабаровский ФИЦ ДВО РАН Дальневосточный НИ-
ИСХ), **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 Рос-
сийском индексе научного цитирования (РИНЦ) и в Международной
информационной системе Agris, а также включен в перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей уче-
ных степеней кандидата и доктора наук, отнесен к первой категории
(К1) журналов.

Полные тексты статей размещаются на сайте научной электрон-
ной 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”), **Gor-
lov I.F.** (Povolzhskiy (Volga) Research Institute of Production and Pro-
cessing of Meat and Dairy Products), **Ivanov A.L.** (Soil Institute named
after V. V. Dokuchayev), **Izmajlov A.Ju.** (Federal Scientific Agroengi-
neering center RAS), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”),
Kashevarov N.I. (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnol-
ogy 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 produc-
tion), **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 “VNI TIP” RAS), **Yaku-
shev V.P.** (Agrophysical Research Institute)

Corresponding member of the RAS

Aseeva T.A. (Khabarovsk FRC FEB RAS Far Eastern Agricultural In-
stitute), **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

● КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

- 4** Долгушкин Н.К.
Единство науки и бизнеса – залог поступательного развития экономики страны

● РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 5** Старцев В.И., Соловьев С.А., Новичков Н.В., Новиков В.Г. / Startsev V.I., Solov'yev S.A., Novichkov N.V., Novikov V.G.
Метацентрическая концепция развития сельскохозяйственного производства в субарктическом климатическом поясе Российской Федерации / Metacentric concept of agricultural production development in the Russian Federation subarctic climate zone
- 12** Караваева Е.С. / Karavaeva E.S.
Изучение гибридов картофеля на Кольском Севере / The study of potato hybrids in the Kola North
- 15** Дубина Е.В., Макуха Ю.А., Гаркуша С.В. и др. / Dubina E.V., Makukha Yu.A., Garkusha S.V. et al.
Поиск информативных маркерных систем, ассоциированных с локусами устойчивости к сосудистому бактериозу у капусты белокочанной / Search for informative marker systems associated with loci of resistance to vascular bacteriosis in cultivated cabbage
- 19** Мамедов К.С., Ханиева И.М. / Mamedov K.S., Khanieva I.M.
Совершенствование технологии возделывания полбы в условиях центральной части Северного Кавказа / Improving the technology of spelled cultivation in the central part of the North Caucasus conditions
- 22** Баташева Б.А., Абдуллаев Р.А., Радченко Е.Е., Ковалева О.Н. / Batasheva B.A., Abdullaev R.A., Radchenko E.E., Kovaleva O.N.
Новые линии полбы голозерной в Южном Дагестане / New lines of the Triticum spelta in Sought Dagestan
- 26** Мацнева О.В., Ташматова Л.В., Хромова Т.М. / Matsneva O.V., Tashmatova L.V., Khromova T.M.
Влияние состава питательной среды на интенсивность микроразмножения in vitro *Fragaria × ananassa* Duch. / The influence of the nutrient composition medium on the intensity micropropagation in vitro *Fragaria × ananassa* Duch.
- 30** Хромова Т.М., Ташматова Л.В., Мацнева О.В. / Khromova T.M., Tashmatova L.V., Matsneva O.V.
Применение различных регуляторов роста при клональном микроразмножении смородины черной (*Ribes nigrum* L.) / Application of various growth regulators in clonal micropropagation of black currant (*Ribes nigrum* L.)
- 35** Ханиева И.М., Бозиев А.Л., Саболитров А.Р. и др. / Khanieva I.M., Boziev A.L., Sabolirov A.R. et al.
Эффективность использования стимулятора роста растений на основе амброзии полыннолистной при выращивании кукурузы в Кабардино-Балкарской Республике / The effectiveness of using a plant growth stimulator based on Ambrosia artemisiifolia when growing corn in the Kabardino-Balkarian Republic
- 40** Гасанов Г.Н., Усманов Р.З., Мусаев М.Р., Абдулнатипов М.Г. / Gasanov G.N., Usmanov R.Z., Musaev M.R., Abdunatipov M.G.
Способ снижения засоренности посевов кукурузы после поздноубираемых предшественников при энергонакопительной системе содержания почвы в ирригационных ландшафтах / Method of corn contamination decreasing after later harvesting predecessors under energy-storage soil maintenance system in irrigation landscapes

44 Гаджимустапаева Е.Г. / Gadzhimustapaeva E.G.

Новые линии капусты цветной для северных сухих субтропиков Дагестана / New lines of cauliflower for Dagestan north arid subtropics

● **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES**

49 Панфилов В.А. / Panfilov V.A.

Технологии будущего АПК в аспекте теории сложности / Technologies of the future agro-industrial complex in the aspect of complexity theory

53 Глухих И.Н., Прохoshин А.С., Глухих Д.И., Филатова Т.А. / Glukhikh I.N., Prokhoshin A.S., Glukhikh D.I., Filatova T.A.

Нейросети компьютерного зрения в системах поддержки принятия решений на умной ферме / Computer vision neural networks in support systems for making decision on a smart farm

● **ЗЕМЛЕДЕЛИЕ/ FARMING**

58 Ручкина А.В., Ушаков Р.Н. / Ruchkina A.V., Ushakov R.N.

Перспектива составления почвоулучшающей смеси на основе местных природных ресурсов при хемоактивации их азотной кислотой / The prospect of compiling a soil-improving mixture based on local natural resources with their chemical activation with nitric acid

● **ЗООТЕХНИЯ/ ZOOTECHNICS**

64 Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т., Ключникова Е.М. / Klyuchnikova N.F., Klyuchnikov M.T., Klyuchnikova E.M.

Некоторые аспекты связи морфологии яичников с экстерьером первотелок Среднего Приамурья / Some aspects of the relationship between the morphology of the ovaries and the exterior of first-calf heifers of the Middle Amur region

68 Шукюрова Е.Б., Назарова М.Р., Шинкorenко Д.А. / Shukyurova E.B., Nazarova M.R., Shinkorenko D.A.

Генетическая характеристика голштинского крупного рогатого скота, разводимого в ООО «Раковское» Приморского края / Genetic characteristic of *Holstein* cattle bred at Rakovskoye LLC of Primorsky Territory

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

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

Контейнерно-транспортная технология уборки, хранения и реализации селекционного картофеля первой полевой репродукции / Container and transport technology for harvesting, storing and selling selected potatoes of the first field reproduction

77 Раднаев Д.Н., Абидуев А.А., Пехутов А.С. и др. / Radnaev D.N., Abiduev A.A., Pekhutov A.S. et al.

Методика определения долговечности деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин / Methodology for determining the durability of soil-cultivating machines working bodies of parts

82 Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Пронин А.Н. и др. / Bulatov S.Yu., Nechaev V.N., Pronin A.N. et al.

Программа управления системой дозирования сухих сыпучих компонентов комбикорма / Control program for the dosing system of dry bulk feed components

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 00.00.2024. Дата выхода в свет 00.00.2024. Формат 60×88 1/8.

Усл. печ. л. 00,00. Уч.-изд. л. 00,00. Заказ № 00. Тираж 00 экз. Бесплатно.

Учредитель: Российская академия наук

16+

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14

Исполнитель: ФГБУ «Издательство «Наука»: 121099, г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1.
Отпечатано в ФГБУ «Издательство «Наука»: 121099, г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1.

ЕДИНСТВО НАУКИ И БИЗНЕСА – ЗАЛОГ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

Николай Кузьмич Долгушкин, вице-президент РАН

Российская академия наук, г. Москва, Россия

E-mail: dolgushkin@pran.ru

В условиях санкционного давления на страну, нарастающих внешних вызовов необходимо обеспечить технологический суверенитет, формирование устойчивой, конкурентной экономики.

Важная роль в решении этих задач отводится отечественной науке, в том числе сельскохозяйственной. Хотя основные параметры Доктрины продовольственной безопасности достигнуты, сложилась гарантированная стабильность в обеспечении населения собственным продовольствием, все еще сохраняются определенные риски, связанные с зависимостью сельского хозяйства от импорта по многим критическим направлениям – от семян и племенного материала до техники, оборудования и технологий.

В рамках реализации программы фундаментальных исследований в 2024 году выделен 261 млрд руб., что почти на 20 млрд больше, чем в 2023 году.

Один из главных критериев оценки эффективности исследований – востребованность их результатов другими научными организациями, госструктурами, бизнесом.

В условиях санкций практически стало невозможным приобрести на западе высокотехнологичную продукцию и современные технологии, в связи с чем отечественные компании стали активнее поддерживать и участвовать в проведении научных работ.

Сегодня бизнес финансирует около 30 % исследований, по сельскохозяйственным наукам в два раза меньше. В высокотехнологичных странах вклад бизнеса составляет 65...70 процентов.

Тем не менее, ощущается возросший интерес бизнес-сообщества к науке, получению современных разработок, активизировалась совместная работа с научными и образовательными организациями, расширяется участие бизнеса в реализации Федеральной научной технической программы развития сельского хозяйства до 2030 года.

Программа направлена на достижение прорывных научно-технологических решений, повышение эффективности научной и научно-технической деятельности, получение результатов, необходимых для

создания технологий, продукции отечественного агропромышленного комплекса.

Одно из важнейших и перспективных направлений в научных исследованиях – генетические технологии.

В сентябре 2023 года на заседании президиума РАН был рассмотрен вопрос о роли генетических технологий в развитии животноводства и аквакультуры для обеспечения отрасли отечественным генетическим материалом, племенной продукцией, кормовыми добавками, ветпрепаратами. Подчеркнута необходимость продолжения исследований по этим направлениям.

Хорошей творческой «площадкой» совместной работы научных организаций и управленческих структур становится образованный при президиуме РАН Межведомственный координационный совет по исследованиям в области агропромышленного производства и комплексного развития сельских территорий, куда, наряду с ведущими учеными, вошли представители органов власти, бизнес-сообщества. В прошедшем году на заседании Совета были рассмотрены вопросы о сохранении и рациональном использовании земельного потенциала, а также о кадровом обеспечении отрасли. Выработанные рекомендации направлены в Правительство Российской Федерации.

Важнейшая задача – сформировать для ученых эффективную научно-исследовательскую среду. Создание научно-производственных объединений позволяет специалистам заниматься не абстрактной работой, а направить свои знания и навыки на решение конкретных задач, которые востребованы производством.

В заключение хочу обратиться к научному сообществу и, прежде всего, к молодым ученым – потенциальным авторам публикаций в нашем журнале. Именно от нас с вами во многом зависит успешное решение задач, стоящих перед страной и отраслью сельского хозяйства. За своими исследованиями вы должны видеть конкретный результат, который будет востребован, направлять свои усилия и знания на его достижение. Только с таким подходом мы можем рассчитывать на успех.

МЕТАЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В СУБАРКТИЧЕСКОМ КЛИМАТИЧЕСКОМ ПОЯСЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Виктор Иванович Старцев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Сергей Александрович Соловьев², академик РАН, профессор
Николай Владимирович Новичков³, доктор экономических наук, профессор
Владимир Геннадьевич Новиков³, член-корреспондент РАН, профессор
¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», р.п. Большие Вяземы, Московская обл., Россия
²Российская академия наук, г. Москва, Россия
³ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, г. Москва, Россия
E-mail: viktor_starsev@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты экологически и экономически обоснованного анализа перспективы повышения эффективности сельскохозяйственного использования территории субарктического климатического пояса Российской Федерации на основе рационального применения современных технологий, повышения плодородия почв, формирования адаптивных агрофитоценозов различной специализации по взаимозаменяющим направлениям хозяйственной деятельности для самообеспечения местного населения продукцией АПК и повышения потенциала устойчивого развития регионов.

Ключевые слова: субарктический климатический пояс, гумус, почвы, климат, сельскохозяйственные растения, агротехнологии, самообеспечение

METACENTRIC CONCEPT OF AGRICULTURAL PRODUCTION DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION SUBARCTIC CLIMATE ZONE

V.I. Startsev¹, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*
S.A. Solovyev², *Academician of the RAS, Professor*
N.V. Novichkov³, *Grand PhD in Economics Sciences, Professor*
V.G. Novikov³, *Corresponding Member of the RAS, Professor*
¹FGBNU "All-Russian Research Institute of Phytopathology", Bolshye Vyazemy, Moscow region, Russia
²Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
³FGBNU FNC VNIIESH, Moscow, Russia
E-mail: viktor_starsev@mail.ru

Abstract. The results of an ecologically and economically sound analysis of the prospects for increasing the efficiency of agricultural use of the territory of the Subarctic climatic zone of the Russian Federation based on the rational use of modern technologies, increasing soil fertility, the formation of adaptive agrophytocenoses of various specialization in substituting areas of economic activity in order to self-supply the local population with agricultural products and increase the potential for sustainable development of regions are presented.

Keywords: subarctic climate zone, humus, soils, climate, agricultural plants, agrotechnologies, self-sufficiency

Климат России отличается от других стран мира самыми низкими температурами. Практически вся территория Российской Федерации лежит в зоне морозных зим. Регионы по природно-климатическим особенностям и условиям хозяйственного развития, характеризующиеся как северные, составляют 79,5 % территории страны (районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности — 65 %, более 60 % находится севернее 60-й параллели, из них 20 % — за полярным кругом). России принадлежит 53 % планетарной зоны Севера и 80 % ее населения. 60-я северная широта — это параллель, которая проходит через юг Аляски, Северный Лабрадор, Южную Гренландию и Санкт-Петербург. Немало российских городов расположено к северу от 60-й параллели. Зона Севера — территория, на которой жизнедеятельность населения ограничена. Чтобы поддерживать тот же уровень жизни, что и в Западной Европе, жителям нужно в два-четыре раза больше энергии. Для перезимовки каждый год требуется более 500 млн т топлива, на закупку которого

уходит более чем 40 млрд долл. США. Север занимает особое положение в экономике страны, располагая громадным по объему и уникальным по составу и качеству сырья природно-ресурсным потенциалом. В его недрах сосредоточено свыше 60 % запасов углеводородов и минерально-сырьевых ресурсов, более 50 % воспроизводимых — лес, рыба, пушнина, гидроэнергоресурсы, никель, олово, золото, платина, алмазы, сырье редких металлов и другие. Обширная зона шельфа северных морей России с богатыми природными и биологическими ресурсами создает предпосылки для долгосрочных структурных преобразований, ориентированных на промышленное освоение морской акватории Севера и Арктики. Особое место на Севере занимают отрасли традиционного для коренного населения хозяйствования: оленеводство, охота, рыболовство. [1] В настоящее время территории Арктического климатического пояса практически не задействуют в сельском хозяйстве. Однако в Субарктике развитие селекционно-семеноводческой деятельности, техноло-

гий возделывания сельскохозяйственных растений на фоне глобального изменения климата, позволяют создавать концептуальные модели повышения эффективности применения северных территорий Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали монографический, экономико-статистический, расчетно-конструктивный, ситуационно-аналитический, балансовый методы исследований, а также метод сценарных проектов.

Междисциплинарный подход метода ситуационного анализа основывался на изучении климатических и почвенных факторов, лимитирующих развитие растениеводческой отрасли, в зависимости от которых формировался фактор соответствующих регионам сельскохозяйственных культур и технологий их возделывания. Были предложены направления развития агропромышленного комплекса на территории субарктического климатического пояса Российской Федерации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Территории Субарктического климатического пояса имеют большие перспективы вовлечения в хозяйственную деятельность при условии разработки адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных растений, особенно актуальных на фоне происходящих процессов глобального потепления климата. [8, 9]

Несмотря на то, что средняя температура воздуха самого теплого месяца июля ниже 15°C , продолжительность вегетационного периода с температурой 5°C – менее 100 дн., сумма температур выше 10°C – 1000...1200 $^{\circ}\text{C}$, с помощью современных технологий в условиях Субарктики удастся выращивать некоторые растения.

Температурный фактор влияет на образование арктических и тундровых почв. Температура мерзлых почв колеблется от минус 1 до минус 2°C в европейской части тундровой зоны и до минус 9...минус 11°C в восточных районах. Наличие многолетней мерзлоты на небольшой глубине определяет водный и тепловой режим сформировавшихся типов почв, интенсивность выветривания почвообразующих пород, скорость протекания геохимических и микробиологических процессов, развитие растительного покрова.

В северной подзоне тундры растительность не образует сплошного покрова, но в отличие от арктических пустынь он отсутствует лишь на участках выдувания снега и выходах сильно щебнистых пород. Это в основном мхи, лишайники, осоки и некоторые виды злаковых и цветковых растений. Для южной подзоны тундры характерно большее развитие мхов, осок и кустарников (карликовая ива, береза (ерник), багульник, голубика). В западных провинциях подзоны широко распространены болотные формации.

Лесотундра находится в самой южной части тундровых почв и граничит с лесной зоной. Лесные участки располагаются островами, а у северных границ подзоны отдельными деревьями, которые по речным долинам смыкаются в массивы и проникают на север дальше, чем на водоразделах. Большие пространства заняты болотами.

Неустойчивая погода из-за частых холодных циклонов из Арктики, создающих опасность заморозков даже в июле, ограничивает количество видов растений, нетребовательных к теплу, морозостойких, культивируемых в субтропиках в холодную половину года (крестоцветные, корнеплоды, картофель). Вместе с тем непрерывный день в Субарктике при относительно низком положении солнца (менее 50° в полдень) создает своеобразные условия для растениеводства. Характерна малая суточная амплитуда температур даже в резко континентальных положениях (Верхоянск). Все это вместе с преобладанием рассеянной солнечной радиации, богатой физиологически активными лучами, значительно повышает продуктивность сельскохозяйственных культур, несмотря на низкие температуры.

Количество осадков в Субарктике невелико (200...400 мм / год), но дожди идут часто, с малым количеством воды, что при высокой влажности воздуха (70...80 %) и низкой температуре сводит испарение и транспирацию к минимуму. Сильная заболоченность территории – препятствие для развития сельского хозяйства, хотя одновременно болота после осушки и соответствующего улучшения почв составляют наиболее ценный земельный фонд для овощеводства.

Остывание почвы в течение длинной бессолнечной зимы создает в большей части пояса вечную мерзлоту в почве, которая оттаивает летом только в верхнем слое (50 см), что влияет на неустойчивость грунта и осложняет оперативную деятельность при ведении сельского хозяйства. Соответствующими агротехническими мероприятиями верхний уровень мерзлоты может быть снижен.

Циклоны создают в Субарктике усиленное движение воздуха и снижают температурный эффект солнечной радиации, поэтому защита от ветра в виде искусственных сооружений или живых кулис (травяные, древесные) может значительно улучшить температурные условия среди растений и повысить использование солнечного тепла.

Почвообразование в тундре отличается от арктического повышением увлажнением и несколько большим притоком тепла. Поскольку микробиологические процессы охватывают только верхний слой (20...30 см) почв, они характеризуются замедленным темпом биологического круговорота веществ (бедность бактериальной флоры, замедление процессов разложения опада, слабая аэрация и другое) и замкнутостью водного и солевого режимов вследствие близкого залегания горизонта многолетней мерзлоты, в связи с чем в них накапливаются слабо разложившиеся органические остатки растений и образуется большое количество воднорастворимых гумусовых веществ, благоприятствующих развитию процессов оглеения.

Тип тундровых глеевых почв распространен от Кольского полуострова до Берингова пролива, они тянутся широкой полосой вдоль побережья Северного Ледовитого океана и ограничены на юге таежно-лесной зоной бореального пояса. Из-за различия климатических, геоморфологических и почвенных характеристик выделяют четыре провинции: Кольская, Восточно-Европейская, Северо-Сибирская и Чукотско-Анадырская. Климат там суровый и характеризуется низкими отрицательными температурами воздуха в зимний период, особенно в Северо-Сибирской провинции.

Восточно-Европейская провинция сложена палеозойскими и мезозойскими осадочными породами, перекрытыми четвертичными отложениями большой мощности. Они представлены ледниковыми и морскими отложениями, состоящими из морен и флювиогляциальных наносов, которые на юго-востоке перекрыты плащом пылеватых суглинков мощностью 3...5 м, на севере — осадками морских трансгрессий.

Обширная Северо-Сибирская провинция состоит из отложений ледниковых (моренные и флювиогляциальные) и морских трансгрессий.

Чукотско-Анадырская провинция покрыта мощной толщей четвертичных отложений — ледниковых, аллювиальных, озерных. На Чукотском полуострове почвообразующие породы тундровых и арктических почв представлены элювием и делювием коренных пород, различными моренами и морскими наносами. Механический состав пород преимущественно легкий (песчано-пылеватые суглинки, супеси, песчано-галечниковые наносы).

Тундровые глеевые почвы состоят преимущественно из пород тяжелого механического состава (суглинистые, глинистые) и залегают на увалистых ледниковых равнинах. Глубина оттаивания многолетней мерзлоты колеблется от 50 до 150 см. Растительный покров на севере — мхи, лишайники, осоково-злаковые ассоциации различной степени разреженности, южнее появляются кустарники и на южной границе — древесные породы.

Для почв влажных фаций важнейшим морфологическим признаком служит наличие глеевого тиксотропного горизонта. Тиксотропия — это способность сильноувлажненных почв под влиянием механических воздействий превращаться из вязко-пластичных в пльвунную массу и через некоторое время возвращаться в прежнее состояние без уменьшения влажности. В тундре тиксотропность и оглеение уменьшаются с юга на север.

Потенциальное плодородие почв определяет содержание гумуса и легкодоступных для растений минеральных элементов. Ограниченные возможности агротехнического повышения плодородия субарктических почв ставят задачу наиболее эффективного использования имеющегося потенциала. Субарктические почвы характеризуются полной выщелоченностью от легкорастворимых солей и карбонатов. Содержание гумуса в верхних горизонтах достигает 10 %, в торфянистых и перегнойных почвах — до 40 %. Гумус характеризуется преобладанием бесцветных органических веществ (фульвокислоты), связанных с полуторными окислами и обладающих большой подвижностью. Отношение $C_g:C_{ф} = 0,1:0,8$. Содержание гумуса на глубине 60...70 см — 0,3...3,0 % (надмерзлотная аккумуляция). Реакция почв в различных подзонах колеблется от кислой и слабокислой до нейтральной. Наиболее кислые — тундровые глеевые почвы южной тундры и лесотундры, их емкость поглощения небольшая, но степень насыщенности основаниями высокая (до 98 %), за исключением органогенных горизонтов, которые значительно кислее минеральных.

Обширные территории, занятые тундровыми почвами, служат кормовой базой северного оленеводства. В этих зонах сосредоточено 41,6 % всей площади оленеводческих пастбищ страны, основные расположены в полосе мохово-лишайниковых и кустарниковых тундр.

Важное значение приобретает развитие земледелия в тундре. В субарктической зоне кроме выращивания овощей в теплицах и парниках возможно получение в открытом грунте таких сельскохозяйственных культур, как картофель, капуста, лук, морковь, кормовые корнеплоды. Здесь также перспективен посев трав, обогащенных бобовыми культурами, для нужд молочного животноводства. Требуется подбирать раннеспелые и морозоустойчивые сорта растений.

Основным направлением в улучшении свойств тундровых почв должно быть усиление биохимических процессов, улучшение аэрации и теплового режима, внесение высоких доз азотных и фосфорных удобрений. Фосфор в тундровые почвы поступает медленнее, чем другие элементы, и связывается в труднодоступные формы подвижными соединениями железа и алюминия, поэтому дозы фосфора, вносимые в северные почвы, должны быть в два-три раза выше. В условиях тундры лучше усваивается аммиачный азот, в связи с этим, необходимо использовать удобрения с аммиачными формами азота в повышенных дозах. Высокоэффективно применение больших доз органических удобрений.

Подтип арктотундровых почв распространен в северной части субарктической зоны под осоково-разнотравной растительностью с участием полярной ивы. На пониженных участках и территориях со слабым дренажем развивается мохово-осоковая растительность. Оголенные пятна вымораживания на повышенных имеют подчиненное значение. Среди тундровых арктических почв преобладают суглинистые варианты.

Для морфологического строения характерно наличие моховой дернины, перегнойного горизонта, голубовато-сизого глеевого и бурого надмерзлотного. Почвы очень маломощны, в них наблюдаются морозная трещиноватость и отсутствие тиксотропии. В почвах на востоке тундры присутствует гумусовый горизонт, залегающий под подстилкой, характеризующийся большей минеральностью и диспергированностью пропитывающего его органического вещества.

В верхних слоях почв содержится значительное количество гумуса (3...7 %). Оглеенные горизонты обеднены органическим веществом, но над мерзлотой находится, так называемый, задержанный (ретинизированный) гумус. Реакция почв слабокислая ($pH = 5,5$), наиболее низкая кислотность в глеевом горизонте. Сумма поглощенных оснований достигает 20 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями почвенного поглощающего комплекса — 60...80 %, самая большая в перегнойном (гумусовый) горизонте. Содержание подвижного железа обнаруживает два максимума — в поверхностном и надмерзлотном горизонтах. Такое же распределение имеют кальций и магний. Количество алюминия относительно стабильно по всему профилю почвы.

Во влажных океанических провинциях восточно-европейских и Чукотско-Анадырских тундр разложение растительного опада происходит в условиях повышенного увлажнения, что способствует образованию торфянистых и торфянисто-перегнойных горизонтов мощностью 10...20 см, выделяются тундровые глеевые типичные торфянистые и торфянисто-перегнойные почвы. Для европейских тундр характерно сильное оглеение профиля и преобладание поверхностного оглеения, наличие тиксотропного горизонта. В Коль-

ской провинции тундровые глеевые типичные почвы встречаются редко.

В континентальных тундрах (Северо-Сибирская провинция) разложение растительного опада идет быстрее, в теплый период на фоне аэробных условий формируются гумусовые, перегнойно-гумусовые или перегнойные горизонты. В перегнойных тундровых глеевых почвах органогенный горизонт имеет большую мощность, буроватую или буровато-коричневую окраску, грубогумусный состав. В гумусных тундровых глеевых почвах, распространенных преимущественно в тундрах Восточной Сибири, под слоем подстилки залегает хорошо развитый гумусовый горизонт с высокой степенью разложения органического вещества.

Для тундровых глеевых типичных почв характерны глубокое пропитывание гумусом всего профиля и накопление его в надмерзлотном слое, низкая скорость минерализации (разложение) органического вещества и большая поглотительная способность перегноя. Высокое содержание обменных оснований в верхних горизонтах обусловлено биологическим накоплением их в результате минерализации растительных остатков. Количество поглощенных катионов в минеральных горизонтах сокращается, но продолжает оставаться высоким (14...17 мг-экв./100 г почвы). Степень насыщенности основаниями достигает 80...90 % в нижних горизонтах, верхних – 60...70 %. Реакция органогенных горизонтов слабокислая или нейтральная, минеральных – кислая.

В океанических провинциях южной тундры и лесотундры (Кольская, Чукотско-Анадырская) поступление большого количества растительного опада (по сравнению с северными подзонами) и сильное переувлажнение способствуют образованию торфянистых и торфяных горизонтов мощностью 20...30 см. В континентальных тундрах формируются гумусовые и перегнойные горизонты. По степени разложенности органического вещества выделяют промежуточные органогенные горизонты тундровых глеевых оподзоленных почв: торфянисто-перегнойные и перегнойно-гумусовые.

Тундровые глеевые оподзоленные почвы отличаются от типичных тундровых глеевых более кислой реакцией (рН – 4,5...5,5), повышенной гидролитической кислотностью органогенных горизонтов, заметной дифференциацией химических элементов и илстой фракцией. Содержание гумуса – 1...5 %, на глубине 70 см его количество доходит до 1 %. Сумма обменных катионов обычно составляет 10...20 мг-экв./100 г почвы. Степень насыщенности основаниями – 30...70 %.

Тип тундровых неглеевых (иллювиально-гумусовые) почв распространен по всей субарктической зоне, сильнее в континентальных провинциях арктической и типичной тундры, лесотундры. Такие почвы развиваются на хорошо дренированных супесчано-щебнистых отложениях и породах легкого механического состава. Песчаные и супесчаные почвы оттаивают на большую глубину, по сравнению с суглинистыми и глинистыми, обладают хорошей водопроницаемостью, что способствует лучшей аэрации и создает условия для вымывания и выщелачивания.

По содержанию гумуса и степени его разложенности органогенные горизонты тундровых неглеевых почв разделяют на торфянистые (содержание органического вещества – 50...60 %), торфянисто-пере-

гнойные и перегнойные (20...40 %), грубогумусовые горизонты (гумус – 6...15 %). В континентальных провинциях тундровых почв с более разложившимся растительным покровом развиваются преимущественно перегнойные и гумусовые горизонты, в океанических (западные и восточные) – торфянистые органогенные. Для всех почв характерно преобладание фульвокислот над гуминовыми. На глубине 50 см содержания гумуса доходит до 4 %, в иллювиально-гумусовом горизонте – 8 %.

Почвы имеют кислую и сильнокислую реакцию верхних органогенных горизонтов, рН – 4,0, нижних – 5,0...5,3. Содержание поглощенных катионов в верхних горизонтах сильно варьирует в зависимости от количества органического вещества, нижних – убывает до 5...10 мг-экв./100 г почвы. Гидролитическая и обменная кислотность высокая (в верхних горизонтах – 40 мг-экв./100 г почвы).

Основная форма сельскохозяйственного использования тундры – оленеводство. Тундровые неглеевые почвы в южных подзонах при проведении соответствующих агротехнических мероприятий (внесение органических и минеральных удобрений) могут быть перспективными для развития овощеводства. В этой зоне возможно формирование сенокосов и культурных пастбищ на основе использования злаково-бобовых смесей. Тундровые иллювиально-гумусовые неглеевые почвы лучше прогреваются, оттаивают на большую глубину и при достаточном внесении удобрений способны давать высокий урожай кормовых трав.

Подтип тундровых иллювиально-мало-гумусовых почв имеет грубогумусовый состав органогенного горизонта (4...5 %), небольшое содержание гумуса в иллювиальном горизонте (1...2 %), кислую реакцию верхней части профиля и слабокислую или нейтральную нижних его слоев, слабую насыщенность почвенного поглощающего комплекса.

Подтип тундровых иллювиально-гумусовых почв формируется в основном на повышенных, хорошо дренированных территориях южной подзоны тундры, также встречается в других районах под мохово-лишайниково-кустарничковым растительным покровом. Для него характерны высокое содержание гумуса в иллювиальном горизонте и глубокое его проникновение в толщу почвы, кислая реакция верхней и средней части профиля, слабая насыщенность основаниями верхних горизонтов, иногда и всего профиля.

Подтип тундровых иллювиально-гумусовых оподзоленных почв встречается в южной подзоне тундры и лесотундре на различных по составу массивно-кристаллических и рыхлых породах.

Содержание гумуса в оподзоленных иллювиально-гумусовых почвах не превышает 6...7 %. Реакция верхних горизонтов и всего профиля сильнокислая и кислая. Гидролитическая кислотность высокая. Степень насыщенности основаниями – 20...70 %. Для этих почв характерны высокое содержание вымытого гумуса в почвенной толще, глубокое его проникновение в форме органо-минеральных соединений и выраженные морфологические и химические признаки оподзоленности.

Болотные почвы широко распространены в тундровой зоне и занимают обширные выровненные понижения, плоские участки, а также небольшие по-

нижения микрорельефа, где постоянное избыточное увлажнение создает условия для накопления значительного количества плохо разложившихся органических остатков. Наиболее распространенные виды растений, под которыми образуются болотные почвы – осоки и гипновые мхи.

Из-за неглубокого оттаивания торфяных почв (30...80 см), тяжелого механического состава почвообразующих пород (суглинки, глина), постоянного переувлажнения почв и отсутствия периодов окисления минеральных горизонтов процессы оглеения в тундровых болотных почвах ярко выражены. Почвы представлены низинными, мало- и среднемощными торфяниками.

Если в арктической тундре болотные почвы характеризуются малой мощностью торфяного слоя (20...35 см), то по мере продвижения на юг мощность торфяных горизонтов увеличивается, достигая на южной границе зоны глубины 1...2 м. Торфяные горизонты тундровых болотных почв имеют низкую зольность, кислую реакцию, высокую гидролитическую кислотность, содержат значительное количество подвижного калия и железа, немного поглощенных оснований.

Для всех компонентов северной природы характерны большая ранимость и очень медленные темпы восстановления. Разрушенный почвенно-растительный покров тундры, даже при благоприятных условиях, восстанавливается десятки лет.

Разработанный в Российской Федерации нацпроект «Экология» реализуется по пяти основным направлениям и включает в себя национальные цели и стратегические задачи экологического развития России до 2024 года. Он учитывает, что 2/3 площади России относится к криолитозоне, при этом к области сплошного распространения многолетнемерзлых пород – около 49 %, прерывистой мерзлоты – 22, массивно-островной – 17, развития островной мерзлоты – 12 %. Это сильно влияет на отрасли растениеводства и кормопроизводства АПК России. Наблюдения показывают, что устойчивость экосистем прямо пропорциональна фитомассе (общий вес на единицу площади и ежегодный прирост) и обратно пропорциональна наличию подземных льдов. В арктической тундре общая фитомасса колеблется от 5 ц/га на повышенных участках рельефа с господством пятнистых тундр до 20 ц/га в понижениях (прирост – 0,5...7,0 ц/га). По мере движения к югу фитомасса возрастает, одновременно увеличивается устойчивость экосистем. [3]

На примере Республики Саха (Якутия) можно увидеть реализацию потенциала успешного развития аграрной отрасли. Здесь накоплен уникальный опыт ведения сельского хозяйства в экстремальных природно-климатических условиях. На вечной мерзлоте в зоне рискованного земледелия выращивают урожай зерновых, картофеля, овощей. Для развития собственной зерновой базы создана сеть зерноводческих хозяйств. [5]

Территория вечной мерзлоты – главное захоронение углекислого газа. Концентрация CO_2 в атмосфере возросла, по сравнению с преиндустриальным уровнем, с 280 до 387 мг/м².

Выпадение тяжелых металлов из атмосферы в Арктике: свинец – 2,2 т/год, кадмий – 0,87, ртуть – 19,4 т/год. Эти показатели в Антарктиде значительно меньше: 0,38, 0,016 и 0,1 соответственно.

Вовлечение северных территорий в сельхозоборот требует особого подхода и должно сопровождаться специально разработанными эколого-адаптированными технологиями, основанными на изучении и использовании компонентов сложившихся экосистем различного уровня.

В структуре посевных площадей нужны культуры не только экономически значимые для региона, но и благоприятно влияющие на сложившуюся экосистему. Например, в районах техногенного загрязнения почв необходимо высевать растения для фиторемедиации почв (от свинца – капуста абиссинская, горчица, рапс, подсолнечник, горох, от кадмия – горчица и другие виды капустных растений). [2]

Вследствие загрязнения агроценозов пестицидами и существенного нарушения защитных реакций биосистем актуальны исследования, направленные на повышение неспецифической устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам с использованием естественных механизмов.

Потепление климата в арктической тундре приводит к изменениям популяций растительности, почвенной микробиоты, режимов оттаивания, характеристик потоков углерода между экосистемой и атмосферой. В исследовании, проводимом финскими и российскими учеными, потоков CO_2 и CH_4 , состава растительности и индекса листовой поверхности (LAI), глубины протаивания и влажности почвы на станции Тикси, в камерных измерениях, был определен обмен CO_2 и валовой фотосинтез экосистем в течение вегетационного периода. Среди типов растительного покрова, варьирующих от бесплодной до кустарничковой тундры и тундровых водно-болотных угодий, плотность потока фотосинтетически активных фотонов была наибольшей в районах с преобладанием лугов и болот. Сухая тундра, в том числе кустарничковая и лишайниковая, имела меньшую скорость обмена CO_2 . На болотах обнаружили максимальные потоки CH_4 , сухая тундра, напротив, потребляла атмосферный CH_4 (9 % общего баланса за вегетацию).

Таким образом, для построения эффективных моделей потоков CO_2 и CH_4 необходимо различать типы растительного покрова, включая районы сухой тундры. [10]

Исследования китайских ученых в течение 18 лет по влиянию типов почв на потоки климатически активных газов (CH_4 , N_2O и CO_2) в континентальных субтропических областях показали, что скорость поглощения CH_4 и CO_2 на плантациях масличных культур была выше, чем на участках цитрусового сада, в основном из-за высокой температуры почвы. Но цитрусовые сады характеризовались более высокими годовыми выбросами N_2O , чем плантации масличных культур. Постоянное увеличение количества удобрений в модифицированных субтропических регионах приводило к большим выбросам N_2O . [11]

На северных территориях Российской Федерации управление интенсивностью продуктивности агробиоценозов ограничивается эдафическими факторами и необходимостью сохранения экологического баланса. На селитебных территориях северных регионов необходимо широкое распространение сверхинтенсивного роботизированного растениеводства, при котором исчезнет зависимость урожая от погодных условий и потребность в больших площадях сельхозугодий, что

позволит поднять динамику обеспечения продовольственной безопасности человечества на принципиально новый уровень. [4]

Академическим сообществом Российской Федерации при поддержке Комитета Государственной Думы по развитию Дальнего Востока и Арктики разработана концепция метацентрического подхода к развитию сельских территорий Субарктического пояса РФ, северных регионов Сибири и Дальнего Востока, которая позволяет при сохранении экономической самостоятельности каждого региона в отдельности из-за плавного смещения центра нагрузки на отрасль, обеспечивать стабильность и положительную динамику роста всей системы.

Безопасность развития аграрного сектора экономики в Субарктическом регионе для эндемичной флоры и фауны исторически сложившихся биоценозов будет обеспечена с помощью биологизированных агротехнологий, основанных на применении биоудобрений, биологических средств защиты, сортов и гибридов сельскохозяйственных растений с комплексной устойчивостью к вредителям и болезням. Для этого понадобится не только развитие селекции сельскохозяйственных растений с необходимыми признаками для северных территорий страны, но и селекция фитофагов, энтомофагов, микроорганизмов с высокой антибиотической активностью.

Заселение территории Субарктического климатического пояса позволит обеспечить безопасность северных границ Российской Федерации. По данным российского экспертного академического сообщества протяженность материкового побережья за полярным кругом России – 22 600 км, США – 3 172, Канады – 5 363, Норвегии – 1 609, Дании – 5 958 км. Если сопоставить площади арктического сектора, то российская часть составляет 9,3 млн км² (44 %). Некоторые субъекты северных территорий Российской Федерации уже имеют высокие показатели самообеспечения растениеводческой продукцией (картофель, другие овощи) по отношению к рекомендуемым нормам питания (Камчатский край – 93,0 и 31,7 %, Магаданская обл. – 63,1 и 20,3, Республика Саха (Якутия) – 48,1 и 22,2, Мурманская обл. – 7,8 и 0,6 % соответственно). [6, 7]

Междисциплинарный подход к изучению взаимного влияния производственных и социально-экономических факторов на развитие аграрной отрасли экономики северных регионов Российской Федерации позволяет разработать устойчивую модель комплексного развития Субарктического пояса, северных регионов Сибири и Дальнего Востока на основе самообеспечения и реализации стратегических целей развития Арктической зоны РФ по внедрению специального экономического режима, способствующего переходу к экономике замкнутого цикла, созданию новых и модернизации действующих промышленных производств.

Выводы. Реализация концепции Метацентрического подхода к развитию сельских территорий Субарктического пояса Российской Федерации, северных регионов Сибири и Дальнего Востока позволит создать устойчивую систему рационального и эффективного ведения сельскохозяйственного производства, обеспечить стабильный рост объемов продукции АПК и развитие сельских территорий на основе

высокотехнологического обеспечения традиционных видов деятельности.

Ожидаются следующие результаты. *В научной сфере:* разработка рекомендаций по сохранению биоресурсного потенциала эндемичных биоценозов; эколого-географическое испытание перспективных биотипов генетических ресурсов; увеличение биоразнообразия природных экосистем вследствие акклиматизации и адаптации интродуцентов; разработка механизма технологического обеспечения деятельности АПК на основе местных природных ресурсов.

В производственной сфере: обеспечение стабильной работы агробиоценозов биологизированными и природоподобными технологиями; создание и регистрация новых селекционных достижений; организация механизма инкорпорации интродуцентов в систему производства продукции АПК; разработка кластерной системы производства, переработки, реализации продукции АПК; выпуск органической продукции для внутреннего рынка и экспорта.

В энергетической сфере: использование возобновляемых (ветрогенераторы, солнечные батареи, геотермальные источники) и местных (попутный газ, нефтепродукты в местах добычи) источников энергии для сооружений защищенного грунта.

В социальной сфере: создание новых рабочих мест и закрепление населения на территориях; развитие объектов культурной среды, досуговых центров, объектов здравоохранения, бытовых услуг.

В образовательной сфере: разработка программ профессиональной ориентации школьников; развитие сети дополнительного образования, консалтинговых центров; создание школ традиционных народных промыслов; разработка новых трендов для местной продукции с географическими названиями.

В транспортно-логистической сфере: снижение зависимости рынка продовольствия и товаров широкого потребления от завоза и постепенный переход на самообеспечение; интеграция специализированных видов деятельности по территориально-географическому признаку в единую самодостаточную систему с минимальным удалением от центров производства, переработки, складирования; развитие сети объектов длительного хранения страховых и резервных фондов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с использованием естественных криогенных хранилищ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов Р.А. Особенности развития северных регионов России // Приоритеты России. 2008. № 11 (68). С. 15–21.
2. Голубкина Н.А. и др. Глобальный экологический кризис. Проблемы и решения // М.: ВНИИССОК, 2013. 212 с.
3. Ключев В.А. Фитотоксичность почв Арктики // Молодой ученый. 2019. № 50 (288). С. 70–72.
4. Кузьминов И., Киселева Л., Соколова А. и др. Рациональное природопользование. Сельское хозяйство перемещается в небоскребы / Глобальные технологические тренды // Трендлеттер 2015. № 9. URL: https://media.rbcn.ru/media/reports/Trendletter9_15.pdf
5. Лукинов А.И., Мьяриянова Э.Т. Республика Саха. 2014: (фотоальбом). Якутск: Бичик, 2015. 240 с.
6. Научно-технические проблемы освоения Арктики. М.: Издательство «Наука», 2015. 490 с.
7. Новичков Н.В., Новиков В.Г. О роли местных сообществ в обеспечении продовольственной безопасности и аграр-

- ного развития в условиях санкционного давления // Экономика, труд и управление в сельском хозяйстве. 2023. № 6. С. 87–97.
8. Указ Президента Российской Федерации от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» // СПС Консультант Плюс – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_347129
 9. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645. «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» // СПС Консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065
 10. Wangari E.G., Mwanake R.M., Kraus D. et al. Number of Chamber Measurement Locations for Accurate Quantification of Landscape-Scale Greenhouse Gas Fluxes: Importance of Land Use, Seasonality, and Greenhouse Gas Type// Journal of Geophysical Research-Biogeosciences. 2022. Vol. 127. URL: <https://doi.org/10.1029/2022JG006901>
 11. Yang X., Hou H., Xu Yu. et al. Divergent pattern of soil CO₂, CH₄ and N₂O emissions in 18-year citrus orchard and *Camellia oleifera* plantations converted from natural shrub forests // Applied Soil Ecology. 2022. Vol. 175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104447>
 4. Kuz'minov I., Kiseleva L., Sokolova A. i dr. Racional'noe prirodopol'zovanie. Sel'skoe hozyajstvo peremeshchaetsya v neboskreby / Global'nye tekhnologicheskie trendy // Trendletter 2015. № 9. URL: https://media.rbcdn.ru/media/reports/Trendletter9_15.pdf
 5. Lukinov A.I., Myariyanova E.T. Respublika Saha. 2014: (fotoal'bom). Yakutsk: Bichik, 2015. 240 s.
 6. Nauchno-tekhnicheskie problemy osvoeniya Arktiki. M.: Izdatel'stvo «Nauka», 2015. 490 s.
 7. Novichkov N.V., Novikov V.G. O roli mestnyh soobshchestv v obespechenii prodovol'stvennoj bezopasnosti i agrarnogo razvitiya v usloviyah sankcionnogo davleniya // Ekonomika, trud i upravlenie v sel'skom hozyajstve. 2023. № 6. С. 87–97.
 8. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 05.03.2020 № 164 «Ob Osnovah gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v Arktike na period do 2035 goda» // SPS Konsul'tant Plyus – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_347129/
 9. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 26.10.2020 № 645. «O Ctrategii razvitiya Arkticheskoj zony Rossijskoj Federacii i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti na period do 2035 goda» // SPS Konsul'tant Plyus. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_366065/
 10. Wangari E.G., Mwanake R.M., Kraus D. et al. Number of Chamber Measurement Locations for Accurate Quantification of Landscape-Scale Greenhouse Gas Fluxes: Importance of Land Use, Seasonality, and Greenhouse Gas Type// Journal of Geophysical Research-Biogeosciences. 2022. Vol. 127. URL: <https://doi.org/10.1029/2022JG006901>
 11. Yang X., Hou H., Xu Yu. et al. Divergent pattern of soil CO₂, CH₄ and N₂O emissions in 18-year citrus orchard and *Camellia oleifera* plantations converted from natural shrub forests // Applied Soil Ecology. 2022. Vol. 175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104447>

REFERENCES

Поступила в редакцию 22.07.2023
Принята к публикации 05.08.2023

ИЗУЧЕНИЕ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ

Екатерина Сергеевна Караваяева

Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция – филиал ВИР,

п. Молочный, Мурманская обл., Россия

E-mail: karavaevavolkova@mail.ru

Аннотация. В статье приведены данные исследования сортообразцов картофеля (2020–2022 годы) в условиях Мурманской области на базе комплексного научно-исследовательского учреждения Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция – филиал ВИР. В пробной копке выделен гибрид 211/1, который превышал по всем основным показателям (урожайность, товарность, масса клубней с одного куста, масса одного клубня) стандартный образец – наиболее приспособленный к условиям Кольского Севера (сорт Елизавета). В основную уборку по товарности были хорошие результаты в 2020 году: гибрид 211/1 – 98,9%, гибрид 114/11 – 98,6, гибрид 2103/7 – 99,4, гибрид 211/9 – 99,4%; 2021: 211/1 – 98,1, 114/11 – 96,3, 2103/7 – 98,4, 211/9 – 99,1%; 2022: 211/1 – 99,5, 114/11 – 99,8, 2103/7 – 99,2, 211/9 – 99%. В 2020 и 2021 годах гибрид 211/1 по урожайности, товарности, массе клубней с одного куста, массе одного клубня выделялся среди четырех других. В 2022 у гибридов 114/11 и 211/9 были лучшие показатели урожайности. Масса одного клубня в основную уборку в 2022 году у гибрида 114/11 – 126,3 г (больше, чем у стандарта). По срокам созревания все образцы приближены к стандартному. По результатам исследований населению северного региона можно рекомендовать наиболее адаптированный гибрид 114/11.

Ключевые слова: картофель, сортообразцы, адаптивная селекция, устойчивость к стрессам, гидротермический коэффициент, урожайность, Крайний Север

THE STUDY OF POTATO HYBRIDS IN THE KOLA NORTH

E.S. Karavaeva

Murmansk State Agricultural Experimental Station – branch VIR, Molochny village, Murmansk region, Russia

E-mail: karavaevavolkova@mail.ru

Abstract. The article presents data on the study of potato varieties (2020–2022) in the Murmansk region on the basis of an integrated scientific research institution Murmansk State Agricultural Experimental Station – a branch of the VIR. In the trial dig, the hybrid 211/1 was isolated, which exceeded in all main indicators (yield, marketability, mass of tubers from one bush, mass of one tuber) the standard sample – the most adapted to the conditions of the Kola North (variety Elizabeth). There were good results in the main cleaning in terms of marketability: in 2020: hybrid 211/1 – 98.9%, hybrid 114/11 – 98.6, hybrid 2103/7 – 99.4, hybrid 211/9 – 99.4%; in 2021. – 211/1 – 98.1, 114/11 – 96.3, 2103/7 – 98.4, 211/9 – 99.1%; in 2022. – 211/1 – 99.5, 114/11 – 99.8, 2103/7 – 99.2, 211/9 – 99%. In 2020 and 2021, the hybrid 211/1 stood out among the other four in terms of yield, marketability, weight of tubers from one bush, weight of one tuber. In 2022, hybrids 114/11 and 211/9 had the best yields. The mass of one tuber in the main harvest in 2022 for the hybrid 114/11 is 126.3 g (more than the standard). According to the maturation time, all samples are close to the standard. According to the research results, the most adapted hybrid 114/11 can be recommended to the population of the northern region.

Keywords: potato, variety type, adaptive breeding, stress resistance, hydrothermal coefficient, yield, Far North

С 90-х годов XX века, на фоне экономического спада, в агропромышленном комплексе Мурманской области появилась тенденция снижения производственных площадей, занятых под картофель. [10] Для изучения причин и поиска методов преодоления возникшего кризиса на базе Мурманской государственной сельскохозяйственной опытной станции расширили исследования в отрасли картофелеводства. Подбор лучших сортообразцов различной скороспелости, высокоурожайных, высокотоварных, с повышенным содержанием крахмала, белка и витаминов в клубнях, обладающих хорошими вкусовыми качествами и лежкостью при хранении, устойчивых к заболеваниям, пригодных для использования на продовольствие и к промышленной переработке для почвенно-климатических условий региона проводится на опытной станции и сейчас. [4]

Многолетние исследования выявили общие закономерности воздействия биотических и абиотических стрессоров на растительный организм картофеля на Европейском Севере. Полученные экспериментальные данные, характеризующие высокий биологический и экономический потенциал исследуемых образцов картофеля, подтверждают перспективность и обоснованность работы в направлении адаптивной се-

лекции. Изучение сортообразцов картофеля, методом сравнения со стандартным сортом *Елизавета* (наиболее приспособленный к условиям Крайнего Севера), позволяет выделить максимально адаптированные, с оптимальным сочетанием характеристик для конкретных условий окружающей среды.

Формирование и развитие внутреннего агропромышленного потенциала северных территорий в долгосрочной перспективе включает проведение научных работ, учитывающих специфику сельскохозяйственного производства в приполярных широтах. Необходимо разработать научно обоснованные модели адресных сортов картофеля, найти адаптированные, с максимальной и устойчивой продуктивностью в экологических условиях региона сорта.

Цель работы – изучить сортообразцы картофеля для выявления наиболее перспективных (скороспелые, высокоурожайные, высокотоварные) в условиях Кольского Севера.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах на опытном поле Мурманской ГСХОС – филиала ВИР в п. Молочное. Гибриды для изучения получены из Ленинград-

ского научно-исследовательского института сельского хозяйства «Белогорка», автор – З.З. Евдокимова.

Почва – дерновослабоподзолистая, $pH_{\text{сол}} = 5,5$ подвижный фосфор – 20,0 мг/100 г почвы, обменный калий – 14,0 мг/100 г почвы, содержание гумуса – 2,8%. Делянка в опыте включает четыре рядка по 15 клубней в каждом. Повторность четырехкратная. Схема посадки – 70×35. Расположение делянок систематическое со смещением по ярусам. Предшественник – картофель. Внесено по 500 кг/га удобрения Азофоска (нитроаммофоска) N:P:K = 16:16:16, по 80 мг/кг действующего вещества.

Перед посадкой клубни проращивали 20 дн.: освещенность – 60 Вт/м², температура в течение 10 дн. – 14°C, в последующие дни – около 20°C. Уход за посадками включал три дождевые обработки, два окучивания. Из-за особенностей климатического и светового режимов заполярных территорий ботву не удаляли. Скороспелость определяли по одной пробной партии через 70 дн. после посадки. Все результаты обработаны методом дисперсионного анализа по В.А. Доспехову. [2]

Сорт *Елизавета* (СЗНИИСХ) – столовый тип, среднеранний для Мурманской области. Относительно устойчивый к фитофторозу по клубням, парше обыкновенной. Лежкость хорошая. [5]

На основе наблюдений и изучения взаимодействия «генотип – окружающая среда» (табл. 1) определены обязательные характеристики и требования к разрабатываемым сортам [8]: картофель для созревания должен быть раннеспелым или среднеранним; у стеблей морфологически ограниченный рост; способность к клубнеобразованию в течение полярного дня; увеличение массы клубней происходит за весь вегетационный период.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выращивание картофеля в Мурманской области необходимо для создания минимальной продовольственной выживаемости в регионе. [1] За годы исследований выявили общие закономерности воздействия биотических и абиотических стрессоров на растительный организм картофеля на Европейском Севере. [6] Для стабилизации сборов картофеля требуются сорта, дающие высокую урожайность. Оценку климатического потенциала территории проводили по гидротермическому коэффициенту (ГТК) Селянинова (табл. 1).

От посадки до уборки самый низкий ГТК – 1,01 был в 2020 году, высокий (1,9) – 2021. По классифика-

ции влагообеспечения 2020 год был засушливым, 2021 и 2022 – переувлажненными. Для оценки сортов на способность накапливать урожай при ранней уборке провели пробную – на 70 день после посадки. Выкапали 10% кустов (4 шт.) с делянки в четырех повторностях. Все образцы показали разные результаты (табл. 2). За годы исследований гибрид 211/1 превысил по всем показателям стандартный сорт *Елизавета* (табл. 2). В основную уборку по товарности у всех образцов были хорошие результаты (табл. 3). Масса одного клубня в основную уборку в

Таблица 2.

Продуктивность картофеля в пробной уборке по годам

Сорт, сортообразец	Дата	Урожайность, т/га	Товарность, %	Масса клубней с одного куста, г	Масса клубня, г
2020					
<i>Елизавета</i>	20.08.	29,3	99,5	726	54,4
211/1	20.08.	30,9	99,2*	756,3	56,9
114/11	20.08.	15,2***	99*	371,9***	28,3***
2103/7	20.08.	24,8*	99,6*	607,3**	54,5
211/9	20.08.	17,9***	99*	443***	36,5***
2021					
<i>Елизавета</i>	16.08.	14,8	99,3	362,3	72
211/1	16.08.	23,3***	99,3	574***	92***
114/11	16.08.	14,1	98,9	347,8	57***
2103/7	16.08.	10,7**	99,2	264,8**	61,5**
211/9	16.08.	14,1	99	352,5	75,3
2022					
<i>Елизавета</i>	15.08.	29,9	97,5	738,8	61,7
211/1	15.08.	33	97,1	809,3	70,5**
114/11	15.08.	30,4	99	747	66,5
2103/7	15.08.	11,4***	98,5	285***	44,8***
211/9	15.08.	31,2	98,9	769	70*

Примечание. * различие от стандарта достоверно на первом уровне значимости, ** втором, *** третьем (то же в табл. 3).

Таблица 3.

Продуктивность картофеля в основную уборку по годам

Сорт, сортообразец	Дата	Урожайность, т/г	Товарность, %	Масса клубней с куста, г	Количество клубней, шт./куст	Масса клубня, г
2020						
<i>Елизавета</i>	11.09	38,3	98,1	948,7	19	51,2
211/1	11.09	40,2	98,9*	985,7	16	61,1
114/11	11.09	35,6	98,6	871,3	17	54,1
2103/7	11.09	36,2	99,4***	886,3	12,7**	70,5**
211/9	11.09	33,1*	99,4***	818,3*	14,7*	55,8
2021						
<i>Елизавета</i>	07.09	58,5	96,5	1433,8	12,8	114,8
211/1	07.09	50,9*	98,1	1254,8*	15	84,5**
114/11	07.09	42,4***	96,3	1056,5***	17,3*	65,8***
2103/7	07.09	24,5***	98,4	615***	8,8	73***
211/9	07.09	49,5*	99,1*	1237,8*	15,3	83,3**
2022						
<i>Елизавета</i>	09.09	58	99,8	1434,7	12,5	115,7
211/1	09.09	38,5***	99,5	942,7***	12	80***
114/11	09.09	65,8*	99,8	1620,8*	13	126,3*
2103/7	09.09	37,4***	99,2	935,3***	13	73,7***
211/9	09.09	60,4	99*	1488	14,3	102,5**

Таблица 1.

Метеорологические условия 2020–2022 годов

Год	Дата посадки	От посадки до первой уборки (70 дн.)			От посадки до основной уборки		
		Σ среднесуточных температур, °С	Σ осадков, мм	ГТК	Σ среднесуточных температур, °С	Σ осадков, мм	ГТК
2020	11.06.	940,8	103,8	1,08	1141,1	140,6	1,01
2021	05.06.	964,3	173,5	1,8	1116,0	212,8	1,9
2022	03.06.	919,7	179,2	1,9	1177,0	188,0	1,6

Таблица 4.

Сроки межфазных периодов развития картофеля по годам

Сорт, сортообразец	Дата посадки	От посадки до всходов, дн.	От всходов до пробной копии, дн.	От всходов до уборки, дн.
2020				
<i>Елизавета</i>		21	49	71
211/1	11.06.	21	49	71
114/11		21	49	71
2103/7		21	49	71
211/9		21	44	66
2021				
<i>Елизавета</i>		37	57	58
211/1	05.06.	41	53	58
114/11		37	57	55
2103/7		37	57	55
211/9		37	57	55
2022				
<i>Елизавета</i>		12	56	81
211/1	03.06.	14	56	81
114/11		14	49	74
2103/7		14	49	81
211/9		14	56	81

2022 году у гибрида 114/11 составила 126,3 г (больше, чем у стандартного образца).

Количество вегетационных дней из-за небольших ресурсов теплоснабжения увеличивается, по сравнению со средней полосой. В таблице 4 описаны сроки межфазных периодов развития картофеля в 2020–2022 годах, все гибриды по срокам созревания приближены к стандартному сорту (табл. 4).

Метод оценки картофеля, по сравнению со стандартом, позволяет выделить максимально адаптированные среди образцов с оптимальным сочетанием характеристик для конкретных условий окружающей среды.

Выводы. Полученные в процессе изучения экспериментальные данные, характеризующие высокий биологический и экономический потенциал исследуемых сортообразцов картофеля, подтверждают перспективность и обоснованность работы в направлении адаптивной селекции для эффективного использования природных ресурсов. [3, 7, 9]

По результатам исследований населению северного региона можно рекомендовать гибрид 114/11, который оказался наиболее адаптированным к условиям Кольского Севера.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Архипов М.В., Сеницина С.М., Данилова Т.А. Роль сорта в обеспечении продовольственной независимости Северо-Запада России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 54. С. 276–281.
- Доспехов В.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
- Евдокимова З.З. и др. Инновации в создании скороспелых сортов картофеля для условий Северо-Запада и Европейского севера // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири: коллективная монография. В 5 томах. Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований / Под ред. академика РАН В.Г. Сычева, Л. Мюллера. М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. С. 496–499.
- Евдокимова З.З., Калашник М.В. Использование генетических резервов сложных межвидовых гибридов картофеля для создания сортов, устойчивых к био- и абиотическим

средам. // Развитие земледелия в Нечерноземье: проблемы и их решение: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. / СПбГАУ. СПб, 2016. С. 66–72.

- Жигadlo Т.Э., Травина С.Н. Раннеспелые сорта картофеля, пригодные для возделывания в Мурманской области // Каталог Мировой коллекции ВИР. Вып. 852. С.-Пб. 2017. С. 14.
- Котова З.П. и др. Подбор перспективных гибридов картофеля по параметрам их адаптивности для условий Европейского Севера // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7 (186). С. 26–32.
- Симаков Е.А. и др. Использование эколого-географических факторов для повышения результативности селекции картофеля // Достижения науки и техники АПК. 2015 Т. 29. № 11. С. 44–46.
- Челнокова В.В. Экологическое испытание сортообразцов картофеля в условиях Мурманской области // Экология и строительство. 2018. № 1. С. 60–65.
- Челнокова В.В., Евдокимова З.З. Оценка биологического и хозяйственного потенциала гибридов картофеля в условиях Европейского Севера России. Аграрная Россия. 2019. № 5. С. 21–25.
- Челнокова В.В., Карташова А.П. Анализ самообеспеченности продовольствием Мурманской области // АПК: экономика, управление. 2020. № 11. С. 52–61.

REFERENCES

- Arhipov M.V., Sinicina S.M., Danilova T.A. Rol' sorta v obespechenii prodovol'stvennoj nezavisimosti Severo-Zapada Rossii // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 54. S. 276–281.
- Dospikhov V.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1979. 416 s.
- Evdokimova Z.Z. i dr. Innovacii v sozdanii skorospelykh sortov kartofelya dlya uslovij Severo-Zapada i Evropejskogo severa // Novye metody i rezul'taty issledovanij landshaftov v Evrope, Central'noj Azii i Sibiri: kolektivnaya monografiya. V 5 tomah. Landshafty v XXI veke: analiz sostoyaniya, osnovnye processy i koncepcii issledovanij / Pod red. akademika RAN V.G. Sycheva, L. Myullera. M.: Izd-vo FGBNU «VNIИ agrohimii», 2018. S. 496–499.
- Evdokimova Z.Z., Kalashnik M.V. Ispol'zovanie geneticheskikh rezervov slozhnykh mezhdvidovykh gibridov kartofelya dlya sozdaniya sortov, ustojchivykh k bio- i abiofaktoram sredy. // Razvitie zemledeliya v Nечernozem'e: problemy i ih reshenie: sb. nau. tr. mezhdun. nauch.-prakt. konf. / SPbGAU. SPb, 2016, S. 66–72.
- Zhigadlo T.E., Travina S.N. Rannespelye sorta kartofelya, prihodnye dlya vozdelvaniya v Murmanskoj oblasti // Katalog Mirovoj kollekcii VIR. Vyp. 852. S.-Pb. 2017. S. 14.
- Kotova Z.P. i dr. Podbor perspektivnykh gibridov kartofelya po parametram ih adaptivnosti dlya uslovij Evropejskogo Severa // Agrarnyj vestnik Urala. 2019. № 7 (186). S. 26–32.
- Simakov E.A. i dr. Ispol'zovanie ekologo-geograficheskikh faktorov dlya povysheniya rezul'tativnosti selekcii kartofelya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015 T. 29. № 11. S. 44–46.
- Chelnokova V.V. Ekologicheskoe ispytanie sortoobrazcov kartofelya v usloviyah Murmanskoj oblasti // Ekologiya i stroitel'stvo. 2018. № 1. S. 60–65.
- Chelnokova V.V., Evdokimova Z.Z. Ocenka biologicheskogo i hozyajstvennogo potenciala gibridov kartofelya v usloviyah Evropejskogo Severa Rossii. Agrarnaya Rossiya. 2019. № 5. S. 21–25.
- Chelnokova V.V., Kartashova A.P. Analiz samoobespechenosti prodovol'stvem Murmanskoj oblasti // APK: ekonomika, upravlenie. 2020. № 11. S. 52–61.

Поступила в редакцию 11.10.2023

Принята к публикации 25.10.2023

ПОИСК ИНФОРМАТИВНЫХ МАРКЕРНЫХ СИСТЕМ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ЛОКУСАМИ УСТОЙЧИВОСТИ К СОСУДИСТОМУ БАКТЕРИОЗУ У КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ*

Елена Викторовна Дубина, доктор биологических наук, профессор РАН

Юлия Александровна Макуха, кандидат биологических наук

Сергей Валентинович Гаркуша, член-корреспондент РАН

Олеся Леонидовна Горун, младший научный сотрудник

Сергей Александрович Лесняк, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», г. Краснодар, Россия

E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по определению информативных ДНК-маркерных систем, обеспечивающих надежный контроль наличия локусов устойчивости к сосудистому бактериозу *Xcc* в селекционном материале капусты белокочанной. На начальном этапе работ 20 молекулярных маркеров, взятых из базы данных VegMarks, были апробированы на контрастных по резистентности к сосудистому бактериозу изогенных линиях капусты белокочанной (устойчивая линия 269-Яс12п-2 и восприимчивая Пи714). Установлено, что только SSR-маркер O110-C01 выявляет полиморфизм между контрастными образцами капусты белокочанной. Проведен ПЦР-анализ на растениях F_2 гибридной комбинации 269-Яс12п-2 × Пи714 с помощью данного полиморфного маркера и фитопатологическое тестирование. В результате статистического анализа расщепления обнаружено, что SSR-маркер O110-C01 – сонаследуемый с признаком устойчивости к сосудистому бактериозу, поскольку по этому локусу наблюдается ожидаемая сегрегация растений F_2 по генотипу 1:2:1 согласно закону Менделя и оптимальная частота рекомбинации между локусом устойчивости *Xcc* и маркером (13,7%).

Ключевые слова: капуста белокочанная, сосудистый бактериоз, SSR-маркеры, сегрегирующая популяция, ПЦР-анализ

SEARCH FOR INFORMATIVE MARKER SYSTEMS ASSOCIATED WITH LOCI OF RESISTANCE TO VASCULAR BACTERIOSIS IN CULTIVATED CABBAGE

E.V. Dubina, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor of the RAS*

Yu.A. Makukha, *PhD in Biological Sciences*

S.V. Garkusha, *Corresponding member of the RAS*

O.L. Gorun, *Junior Researcher*

S.A. Lesnyak, *Junior Researcher*

Federal Scientific Rice Centre, Krasnodar, Russia

E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Abstract. This article presents the results of studies on the determination of informative DNA marker systems that provide reliable control of the presence of *Xcc*-loci of resistance to black rot in the breeding material of white cabbage. At the initial stage of the work, 20 molecular markers taken from the VegMarks database were tested on isogenic cabbage lines contrasting in resistance to black rot (resistant line 269-Yas12p-2 and susceptible line Pi714). It was found that only the SSR marker O110-C01 reveals polymorphism between contrasting samples of white cabbage. PCR analysis with the use of this polymorphic marker and phytopathological testing have been also performed on F_2 plants of the hybrid combination 269-Yas12p-2 × Pi714. As a result of the statistical analysis of cleavage, it was found that the SSR marker O110-C01 is co-inherited with a trait of resistance to black rot, since the expected segregation of F_2 plants by genotype 1:2:1 according to Mendel's law by this locus and the optimal frequency of recombination between the *Xcc* resistance locus and the marker (13.7%) are observed.

Keywords: white cabbage, black rot, SSR-markers, segregating population, PCR-analysis

Сосудистый бактериоз капусты белокочанной приводит к значительным потерям урожая (более 50%) во всем мире при наличии благоприятных условий для бактерии. [12] Это заболевание связано с поражением проводящей системы растения, при котором бактерия *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson проникает в силему, колонизирует мезофилл и далее распространяется по тканям. Образуются хлорозные V-образные пятна, приводящие к некрозу и гибели всего растения. [8, 13, 14] Составление алгоритма мероприятий по предупреждению данной болезни – тру-

доемкий процесс, так как расовый состав патогена очень разнообразен. Выявлено 11 рас *Xcc*, из которых на Юге России самые распространенные и опасные 1 и 4 расы. [3, 7, 15] В селекции капусты белокочанной (*B. oleracea*) источники устойчивости к основным поражающим расам *Xcc* (1 и 4) присутствуют чаще у геномов А и В (*B. rapa* и *B. nigra*), редко встречаются в геноме С (*B. oleracea*). [11] Например, в работе Sharma et al. (2016) идентифицирован ген устойчивости к 1 расе патогена *Xca1bc* и имеются эффективные маркеры для его определения. [11] Для *B. oleracea* изучение

* Работа выполнена при финансовой поддержке Кубанского научного фонда, ФГБНУ «Федеральный научный центр риса» в рамках научного проекта № МФИ-П-20.1/41 / The work was carried out with the financial support of the Kuban Scientific Foundation, the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rice Research Center" within the framework of the scientific project No. IFI-P-20.1/41.

Таблица 1.

Нуклеотидная последовательность праймеров для капусты белокочанной

Маркер	Дизайн последовательности праймеров
AF458409	F- AGAAAGCAGACGGGAATGG R- TGGTTAAAGCGAAAGTGTGC
BZ523957	F- ATTATGACGCCTGGTTTAA R- TTGGTTAGAAGTTATGGGAAC
CC969431	F- AAGCCACCTCACCTTAGCC R- GAAATCCCAGAGACTGAAAACC
CC969459	F- CCAAAGATTAGAGGAAATGG R- GCGTCAAAAACGGTGTGC
0110-B04	F- ATCTTCTCAGTTCATGC R- CGAATCTTGAAGTTCGACCC
0110-B08	F- AAGCTGTTGATGAATGCC R- ACTTGTTCATCCATTGCC
0110-C01	F- ATGACTGCTTAAACAGCGCC R- CTCTCCAACAAAAGCTCGG
0110-C10a	F- AAGAAGCGTAGAGATTGCC R- GCAGATAAGATTCCAGTCCCC
0110-C10b	F- AAGAAGCGTAGAGATTGCC R- GCAGATAAGATTCCAGTCCCC
0110-D01	F- TCTCTGCCAAAAGCAAATAGC R- CTGGCTCTCTCACCACC
0110-D02	F-CATTCTCAATGATGATGATTTGG R- CCATTGATATGGAGATGGGG
0110-D08	F- TCCGAACACTTAAGTTAGCTCC R- GAGCTGATGTCTCCCGTGC
0110-F06	F- CATTGGTTTATGTCATTCGTGC R- AATCAAAAAGTCCGCAACG
0110-G05	F- TCAATGCTCTGTAGTCTTTGACC R- AGAATGAGAGCGTGGAGAGG
0111-B05	F- TCGCGACGTTGTTTGTTC R- ACCATCTTCTCGACCCCTG
0111-H06	F- TCCGAACACTTAAGTTAGCTCC R- TTCTTCACTTACAGGCACG
0111-H09	F- CCCTTTTCCCCTTCTATTGG R- GTGCGACTGGAAATTTCTCC
0112-A04	F- TGGGTAAGTAACTGTGGTGGC R- AGAGTTCGCATACTCTGGAGC
0112-G04	F- CGAACACTCTTAGGCCGAATC R- GGTTAACTCGCGGATATTG
0113-C12	F- AGAGGCCAACAAAAGAACACC R- GAAGCAGCACCAGTGACAAG

закономерностей наследования устойчивости к сосудистому бактериозу затруднено, так как оно носит полигенный характер. [6] В работе Lee (2015) на восьми хромосомах из девяти у *B. oleracea* было картировано 14 ассоциированных с устойчивостью к *Xcc* QTL, четыре из них относились к основным локусам, влияющим на признак. [9] Tonu et al. (2013) выявил наиболее значимые QTLs: главный *Xcc Bo (Reiho) 1*, минорные *Xcc Bo (Reiho) 2* и *Xcc Bo (GC1)*, а также ближайшие маркеры к этим локусам. [13] Afrin et al. (2018) некоторые из этих маркеров (9 SSR и 1 InDel) апробировали на 27 инбредных линиях капусты, устойчивых к разным расам патогена. Результаты сопоставления молекулярного скрининга и фитопатологических тестов позволили отобрать пять маркеров, способных отличать устойчивые формы от поражаемых. [6] Однако универсальную ДНК-маркерную систему на такой сложный полигенный признак создать к данному моменту не удалось. Поэтому проведение молекулярно-генетических исследований, связанных с поиском и разработкой эффективных молекулярных маркеров остается актуальной проблемой для генетики и селекции капусты белокочанной, решение которой позволит сократить некоторые этапы селекционного процесса, получить ценные устойчивые генотипы с нужными биологическими свойствами.

Цель работы – определение информативных ДНК-маркерных систем, сцепленных с признаком устойчивости к сосудистому бактериозу у капусты белокочанной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – контрастные формы капусты белокочанной (устойчивая изогенная линия 269-Яс12п-2 и восприимчивая Пи714) к сосудистому бактериозу, а также 102 растения поколения F₂ гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714, отобранные в отделе овощекартофелеводства ФГБНУ «ФНЦ риса».

ДНК из листьев капусты выделяли по схеме Мюррея и Томпсона с использованием цетилтриметиламмоний бромид (СТАВ) в качестве лизирующего буфера растительных клеток. [10]

В ходе молекулярно-генетических исследований по идентификации аллелей устойчивости к сосудистому бактериозу у капусты белокочанной применяли нейтральные кодоминантные микросателлитные (SSR) маркеры, взятые из базы данных VegMarks на сайте <https://vegmarks.nivot.affrc.go.jp/VegMarks/app/page/home>. Нуклеотидные последовательности праймеров представлены в таблице 1.

Аmplификацию ДНК проводили в амплификаторах Терцик и Bio Rad с оптимизацией условий ПЦР. При апробации маркеров из базы данных VegMarks использовали протокол амплификации с градиентом температуры отжига праймеров: первичная денатурация – 15 мин. при 95°C; денатурация – 2 мин., 94°C; следующие 25 циклов: денатурация – 2 мин., 94°C, 1 мин., отжиг праймеров – 30 с при 65°C, синтез – 45 с, 72°C; затем каждый второй цикл температуру отжига понижают на 1°C до достижения температуры 55°C и остальные 20 циклов: денатурация – 1 мин., 94°C, отжиг праймеров – 30 с, 55°C, синтез – 45 с, 72°C, завершающий цикл синтеза – 1 мин. при 72°C.

Разделение продуктов амплификации осуществляли методом электрофореза в 2%-ом агарозном геле

(80 мин.) при напряжении 130. [4] Визуализация результатов электрофореза в УФ-свете с использованием геледокументирующей системы GelDocXR+.

Для фитопатологического тестирования на устойчивость к сосудистому бактериозу проводили инокуляцию растений капусты белокочанной в фазе 5...7 листьев путем опрыскивания в стадию гуттации водной суспензией бактерий. Для заражения брали изоляты *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson местной популяции патогена, относящиеся к самой распространенной в Краснодарском крае расе 1. Оценивали поражаемость образцов в динамике роста и развития растений по пятибалльной шкале Студенцова через 14 дн. после инокуляции. [2] При подсчете результатов фитопатологического тестирования на устойчивость к сосудистому бактериозу растения, имеющие степень поражения 2...4 балла, считались неустойчивыми по фенотипу, 0...1 балл – устойчивыми.

Таблица 2.

Анализ сонаследования SSR-маркера среди растений сегрегирующей популяции F₂

Маркер	F ₂ -растения гибридной комбинации 269-Яс12п-2 x Пи714								Частота рекомбинации, %
	Сегрегация растений				Маркер / Устойчивость к фузариозу				
	по генотипу		по фенотипу		R/+		S/+		
	+: ±:	-	χ ²	R:S	χ ²	R/+	S/+	R/-	
O110-C01	26:52:24	0,23	40:62	10,1	40	38	0	24	13,7

Примечание. R – устойчивость; S – неустойчивость; «+» – присутствует молекулярный маркер, «-» – отсутствует. Для уровня значимости $p=0,05$ и $d.f. = 1$ критическое значение $\chi^2(\text{крит.})=3,84$, $d.f. = 2$ $\chi^2(\text{крит.}) = 5,99$.

Чтобы оценить значимость различий в расщеплении в сегрегирующих популяциях между фактическим числом растений в выборке и теоретически ожидаемым использовали метод χ^2 (хи-квадрат). [1]

Частоту рекомбинации между локусом устойчивости к сосудистому бактериозу Xcc и молекулярными маркерами рассчитывали, как отношение числа растений с наличием или отсутствием ДНК-маркера, несоответствующих фенотипическому проявлению признака устойчивости к фузариозу к общему числу растений, умноженное на 100. [5]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работ в молекулярно-генетических исследованиях по выявлению информативных ДНК-маркерных систем для идентификации аллелей устойчивости к сосудистому бактериозу SSR-маркеры, взятые из базы данных VegMarks, были апробированы на контрастных по резистентности к сосудистому бактериозу изогенных линиях капусты белокочанной (табл. 1). Из этих маркеров информативным оказался только O110-C01 (рис. 1, 2-я стр. обл.).

На следующем этапе исследований данный полиморфный маркер апробирован на 102 растениях сегрегирующей популяции F₂ для изучения его сонаследования с признаком устойчивости к сосудистому бактериозу (рис. 2, 2-я стр. обл.).

На электрофореграмме заметно, что уже среди первых проанализированных 15 растений поколения F₂ по локусу O110-C01 выявлены все виды генотипов. Растения № 10, 11, 15 – гомозиготы по рецессивной аллели (несут аллель устойчивости размером 234 п.н.), № 2, 8, 9 – гомозиготны по доминантной аллели восприимчивости размером 217 п.н., № 1, 3...7, 12...14 – гетерозиготны.

Одновременно с ДНК-анализом для проверки информативности отобранных маркеров проводили фитопатологическое тестирование этих же растений сегрегирующих популяций. Оценивали поражаемость образцов сосудистым бактериозом в динамике роста и развития растений по шкале Студенцова. [2] По результатам фитопатологического тестирования установлено, что симптомы поражения сосудистым бактериозом у растений гибридной комбинации 269-Яс12п-2 × Пи714 соответствовали 1 и 2 баллам (рис. 3, 2-я стр. обл.).

На рисунке 3 А (2-я стр. обл.) видны усыхания отдельных мелких пятен на краях пластинок листьев (1 балл поражаемости) крупные усыхания бурого или коричневого цвета, имеющие V-образную форму, окаймленную узким светло-зеленым ореолом отмирающих клеток, что соответствует 2 баллам поражаемости (рис. 3 Б, 2-я стр. обл.).

На заключительном этапе исследования сравнивали результаты ПЦР по локусу O110-C01 растений сегрегирующей популяции с результатами фитопатологического тестирования для установления сонаследования данного маркера с признаком устойчивости к сосудистому бактериозу (табл. 2).

Растения F₂ по локусу O110-C01 имеют соотношение по генотипу 26:52:24, что соответствует менделевскому закону расщепления 1:2:1 и подтверждается статистическим анализом ($\chi^2 = 0,23 < \chi^2(\text{крит.}) = 5,99$). Окончательное соотношение по фенотипу – 40 (устойчивые):

62 (неустойчивые), что не удовлетворяет менделевскому 3:1, так как устойчивость к сосудистому бактериозу обладает полигенным рецессивным характером наследования ($\chi^2 = 10,1 > \chi^2(\text{крит.}) = 3,84$. [8] Была рассчитана частота рекомбинации между локусом устойчивости к сосудистому бактериозу Xcc и маркером O110-C01, обнаружено, оптимальное значение по локусу (менее 20%), что говорит о сцепленном наследовании данного маркера с признаком устойчивости к сосудистому бактериозу.

Таким образом, из всех проанализированных маркеров только SSR-маркер O110-C01 – информативный кодоминантный, сонаследуемый с признаком устойчивости к сосудистому бактериозу. Он будет включен в селекционный процесс для ускоренного создания устойчивых генотипов капусты белокочанной к сосудистому бактериозу на юге России, с повышенной урожайностью и нужными селекционеру биологическими свойствами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Батин Н.В. Компьютерный статистический анализ данных. Минск, 2008. 160 с.
- Королева С.В., Дякунчак С.А., Ситников С.В. Иммунологическая оценка селекционного материала при создании гибридов F1 белокочанной капусты с групповой устойчивостью к фузариозу и сосудистому бактериозу (методические рекомендации). М., 2012. 16 с.
- Королева С.В., Дякунчак С.А., Юрченко С.А. Создание гибридов F₁ капусты белокочанной с комплексной устойчивостью на юге России // Овощи России. 2019. № 4. С. 16–20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-16-20>
- Кутлунина Н.А., Ермошин А.А. Молекулярно-генетические методы в исследовании растений. Екатеринбург, 2017. 142 с.
- Нгуен М.Л., Монахос Г.Ф., Комахин Р.А., Монахос С.Г. Новый локус устойчивости к киле в хромосоме A05 капусты пекинской (Brassica rapa L.) // Генетика. 2018. Т. 54. № 3. С. 306–315.
- Afrin K.S., Rahim M.A., Park J. et al. Screening of Cabbage (Brassica oleracea L.) Germplasm for Resistance to Black Rot. Mol. Biol. Rep. 2018. No. 5. PP. 773–785. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4217-5>
- Cruz J., Tenreiro R., Cruz L. Assessment of Diversity Xanthomonas campestris Pathovars Affecting Cruciferous Plants in Portugal and Disclosure of two novel Xcc races. Plant Pathol. 2017. No. 9. PP. 403–414 <https://doi.org/10.4454/jpp.v99i2.3890>
- Kifuji Y., Hanzaea H., Terasawa Y., Nishio T. QTL analysis of black rot resistance in cabbage using newly developed EST-SNP markers. Euphytica. 2013. No. 190. PP. 289–295. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0847-1>

9. Lee J., Izzah N.K., Jayakodi V. Genome-wide SNP identification and QTL mapping for black rot resistance in cabbage. *BMC Plant Biol.* 2015. No. 15 (32). P. 11. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0424-6>
10. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research.* 1980. V. 10. P. 4321–4325.
11. Sharma B.B., Kalia P., Yadava D.K. et al. Genetics and molecular mapping of black rot resistance locus Xca1bc on chromosome B-7 in Ethiopian mustard. *PLoS ONE.* 2016. No. 11 (3). P. 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152290>
12. Singh D., Raghavendra B.T., Singh P. et al. Detection of black rot disease causing pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* by bio-PCR from seeds and plant parts of cole crops *Seed Sci. & Technol.* 2014. No. 42. PP. 36–46. <http://doi.org/10.15258/sst.2014.42.1.04>
13. Tonu N.N., Doullah M.A., Shimizu M. et al. Comparison of Positions of QTLs Conferring Resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in Brassica oleracea. *American Journal of Plant Sciences.* 2013. No. 4. PP. 11–20. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.48A002>
14. Vicente J.G., Holub E.B. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. *Mol. Plant Pathol.* 2013. No. 14 (1). PP. 2–18. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x>
15. Vo Thi Ngok Ha, Dzhililov F.S., Mazurin E. et al. Use of essential oils for disinfection of cabbage seed from black root *Zasch. Kart.* 2014. No. 2. PP. 26–28 http://www.kartofel.org/zakart/zakart2_2014.pdf
5. Nguen M.L., Monakhos G.F., Komakhin R.A., Monakhos S.G. New resistance locus to clubroot in chromosome A05 of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.) // *Rus. J. Genetics.* 2018. V. 54. № 3. P. 306–315.
6. Afrin K.S., Rahim M.A., Park J. et al. Screening of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) Germplasm for Resistance to Black Rot. *Mol. Biol. Rep.* 2018. No. 5. PP. 773–785. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4217-5>
7. Cruz J., Tenreiro R., Cruz L. Assessment of Diversity *Xanthomonas campestris* Pathovars Affecting Cruciferous Plants in Portugal and Disclosure of two novel Xcc races. *Plant Pathol.* 2017. No. 9. PP. 403–414 <https://doi.org/10.4454/jpp.v9i2.3890>
8. Kifuji Y., Hanzaea H., Terasawa Y., Nishio T. QTL analysis of black rot resistance in cabbage using newly developed EST-SNP markers. *Euphytica.* 2013. No. 190. PP. 289–295. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0847-1>
9. Lee J., Izzah N.K., Jayakodi V. Genome-wide SNP identification and QTL mapping for black rot resistance in cabbage. *BMC Plant Biol.* 2015. No. 15 (32). P. 11. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0424-6>
10. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research.* 1980. V. 10. P. 4321–4325.
11. Sharma B.B., Kalia P., Yadava D.K. et al. Genetics and molecular mapping of black rot resistance locus Xca1bc on chromosome B-7 in Ethiopian mustard. *PLoS ONE.* 2016. No. 11 (3). P. 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152290>
12. Singh D., Raghavendra B.T., Singh P. et al. Detection of black rot disease causing pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* by bio-PCR from seeds and plant parts of cole crops *Seed Sci. & Technol.* 2014. No. 42. PP. 36–46. <http://doi.org/10.15258/sst.2014.42.1.04>
13. Tonu N.N., Doullah M.A., Shimizu M. et al. Comparison of Positions of QTLs Conferring Resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in Brassica oleracea. *American Journal of Plant Sciences.* 2013. No. 4. PP. 11–20. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.48A002>
14. Vicente J.G., Holub E.B. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. *Mol. Plant Pathol.* 2013. No. 14 (1). PP. 2–18. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x>
15. Vo Thi Ngok Ha, Dzhililov F.S., Mazurin E. et al. Use of essential oils for disinfection of cabbage seed from black root *Zasch. Kart.* 2014. No. 2. PP. 26–28 http://www.kartofel.org/zakart/zakart2_2014.pdf

REFERENCES

1. Batin N.V. *Komp'uterniy statisticheskiy analiz dannykh.* Minsk, 2008. 160 s.
2. Koroleva S.V., Dyakunchak S.A., Sitnikov S.V. *Immunologicheskaya otsenka selektsionnogo materiala pri sozdanii gibrinov F1 belokochannoy kapusty s gruppovoy ustoychivost'yu k fusariozu i sosudistomu bakteriozu (metodicheskie rekomendatsii).* M., 2012. 16 s.
3. Koroleva S.V., Dyakunchak S.A., Yurchenko S.A. Development of F₁ hybrids of cabbage with complex resistance in the south of Russia. *Vegetable crops of Russia.* 2019; 4: 16–20. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-16-20>
4. Kutlunina N.A., Ermoshin A.A. *Molekulyarno-geneticheskie metody v issledovanii rasteniy.* Ekaterinburg, 2017. 142 s.

Поступила в редакцию 29.09.2023

Принята к публикации 13.10.2023

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛБЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Кямран Сулейман Мамедов, аспирант

Ирина Мироновна Ханиева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-6415-5832

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

E-mail: imhanieva@mail.ru

Аннотация. Цель работы – оптимизация технологических приемов по возделыванию перспективных сортов полбы в условиях Центральной части Северного Кавказа. Научная новизна – впервые для горной зоны Центральной части Северного Кавказа даны рекомендации по выращиванию перспективных сортов полбы, а также технологии возделывания с высокой продуктивностью, в результате которых увеличился сбор урожая на 20%. Исследования проводили с 2020 по 2022 год на экспериментальном поле Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В.М. Кокова. Содержание азота в 30 см слое почвы – 0,12%, фосфора – 0,10%. Сорт Янтара отличается от стандартных высокими параметрами продуктивности и развитыми колосками. По морфологическим особенностям полба хорошо кустится и дает высокий урожай. Для исключения возможных неблагоприятных последствий при посеве решили сравнить сорта для отбора наиболее урожайных, которые формируют качественное зерно, а также Янтара с контролем.

Ключевые слова: полба, сельское хозяйство, адаптивность растения, масса 1000 зерен, продуктивность, количество сырой клейковины

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SPELLED CULTIVATION IN THE CENTRAL PART OF THE NORTH CAUCASUS CONDITIONS

K.S. Mamedov, PhD Student

I.M. Khanieva, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

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

E-mail: imhanieva@mail.ru

Abstract. The purpose of the study. The main goal of the research was the optimization of technological methods for the cultivation of promising spelled varieties in the conditions of the Central part of the North Caucasus. Spelled is a grain crop with high quality indicators. Research methods for studying spelled varieties were carried out in 2020–2022 on the experimental field of the Kabardino-Balkaria Republic at the University of Kabardino-Balkaria State Agrarian University named after V.M. Kokov, the nitrogen content in the soil was 0.12%, phosphorus 0.10% in a 30 cm soil layer, respectively. The scientific novelty of the research is represented by the fact that for the first time for the mountainous zone of the Central part of the North Caucasus, recommendations were given on the cultivation of promising spelled varieties, as well as cultivation technologies for high productivity. As a result, the harvest of spelled increased by 20%. This variety differs from the standard variety in high productivity parameters, as well as well-developed spikelets. For example, for wheat, the mass of 1000 seeds are taken into account, and for spelled, the total mass of spikelets, that is, five hundred spikelets contain a thousand grains. According to the morphological features, spelled bushes well and gives a good harvest during the harvesting process. This feature shows the high productivity of the plant, the weight in five hundred spikelets' is 40 grams. To eliminate possible adverse effects when sowing spelled grain, it was decided to compare varieties for the selection of the most productive ones that form high-quality grain, as well as to the cultivation technology and the environment, as well as to compare the Yantara variety with the control. In the course of the experiments, regardless of precipitation and weather conditions, spelled formed a high yield, which, of course, is an important factor in yield. Thus, the work performed corresponds to the subject of the research work carried out in the field, as well as laboratory experiments, observation and analysis of the studies carried out corresponds to that set out in the article.

Keywords: spelled varieties, agriculture, plant adaptability, weight of 1000 grains, productivity, amount of raw gluten

Для развития сельского хозяйства России, чтобы увеличить производство зерна, необходимо использовать наиболее эффективные зерновые культуры с наилучшими показателями качества зерна.

Полба – культура, которую долгое время не возделывали. Сокращение спроса на семена полбы произошло в результате изменений в структуре посевов. С появлением новых сортов Греммэ, Руно, Янтара семена получили высокие репродуктивные свойства, устойчивость к вредителям, благодаря плотной поверхности зерна. [1, 13, 15] Поэтому решили исследовать различные сорта полбы и усовершенствовать их методом индивидуального отбора, выделить наиболее урожайные, которые будут адаптированы к окружающей среде, меняющимся погодным условиям и формирующие качественное зерно. [2, 4]

Цель работы – изучение сортов полбы на продуктивность и урожайность, качество зерна и адаптивность в Центральной части Северного Кавказа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводили в 2020 – 2022 годах на экспериментальном поле Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В.М. Кокова.

Были отобраны наиболее пригодные сорта полбы – Греммэ, Руно, Янтара. Греммэ выведен в Республике Татарстан и рекомендован к возделыванию, включен в госреестр, привезен в Кабардино-Балкарскую Республику в соответствии с нормами. Руно и Янтара выведены в Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко. Сорта устойчивы к вредителям, пригодны для биологического земледелия. Ранее их не возделывали в Кабардино-Балкарской Республике. Урожайность зерна полбы в среднем у всех сортов – 45...48 ц/га. [3, 5]

Почва опытного участка – чернозем, содержание гумуса в пахотном слое 0...30 см около 6,4%, азота – 0,12%, фосфора – 0,10%, рН – 4,8...5,3. Технология возделывания полбы общепринятая. Вспашку выпол-

няли в начале сентября на глубину 20 см, далее производили поверхностную обработку и высадку. [7–9]

В 2020 году количество выпавших осадков косвенно повлияло на формирование растения и число зерен в колосе, что положительно отразилось на урожайности. [6, 10, 11]

Площадь опытной делянки – 30 м², повторность трехкратная. Уборку урожая проводили по специальной методике государственной комиссии. Полученные результаты статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [6, 12]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2020 году было выявлено, что сорта *Руно*, *Греммэ* и *Янтара* отличались от стандарта высокими показателями урожайности и качества зерна, продуктивностью. Полба была востребована в производстве, как продукт экологически чистый, выращенный без высоких доз удобрений.

Основные показатели продуктивности полбы различных сортов представлены в таблице 1. Наиболее высокие были сформированы у *Янтара*.

Далее провели лабораторное исследование на содержание сырой клейковины, ее качества в зерне (табл. 2).

Максимальное содержание сырого белка было отмечено у сортов *Руно* и *Янтара*, что соответствовало первому классу, минимальное – у *Греммэ*.

По содержанию сырой клейковины все образцы соответствовали требованиям, но наиболее высоким оно было у сорта *Янтара*. Этот показатель говорит о том, что данный сорт не уступает пшенице. Испытание по изменению деформации клейковины (ИДК) проводили в лаборатории на приборе ИДК-2. У всех сортов показатели соответствовали высокому классу.

Основное условие стабильного урожая полбы на современном этапе производства – создание сортов, которые адаптированы к условиям, в которых их выращивают.

Сорт полбы можно рассматривать потенциально продуктивным в случае, если его коэффициент адаптивности превышает 100% (табл. 3).

Исходя из полученных данных самым адаптированным к условиям Кабардино-Балкарии стал сорт

Таблица 1.
Основные показатели продуктивности полбы

Сорт	Высота растения, см	Общее количество колосков в колосе, шт.	Общее количество зерен в колосе, шт.	Продуктивная кустистость	Масса 1000 зерен, г
<i>Греммэ</i>	77,0	16	35	1,5	33,1
<i>Янтара</i>	88,0	23	45	2,4	38,2
<i>Руно</i>	80,0	19	40	2,0	35,0

Таблица 2.
Основные показатели качества зерна полбы

Сорт	Содержание сырого протеина, %	Количество сырой клейковины, %	Качество сырой клейковины, ИДК
<i>Греммэ</i>	13,4	30	70
<i>Янтара</i>	14,5	32	77
<i>Руно</i>	14,0	30	71

Таблица 3.
Коэффициенты адаптивности сортов полбы по годам

Сорт	Коэффициент адаптивности, %			
	2020	2021	2022	среднее
<i>Греммэ</i>	87,4	75,9	78,5	80,6
<i>Янтара</i>	117,7	127,1	126,5	123,8
<i>Руно</i>	109,1	116,0	115,3	113,5

Таблица 4.
Урожайность сортов полбы по годам

Сорт	Урожайность, т/га			
	2020	2021	2022	среднее
<i>Греммэ</i>	1,76	1,82	1,84	1,80
<i>Янтара</i>	2,18	2,25	2,31	2,25
<i>Руно</i>	1,90	1,93	1,95	1,93

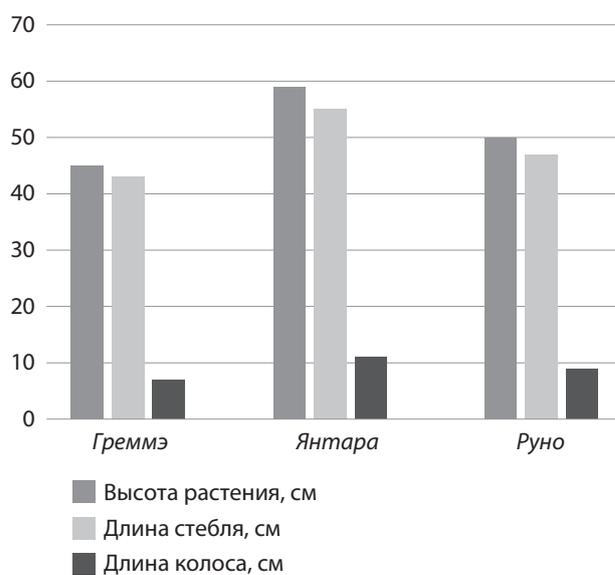


Рис. 1. Количественные показатели полбы по высоте растения, длине стебля и колоса.

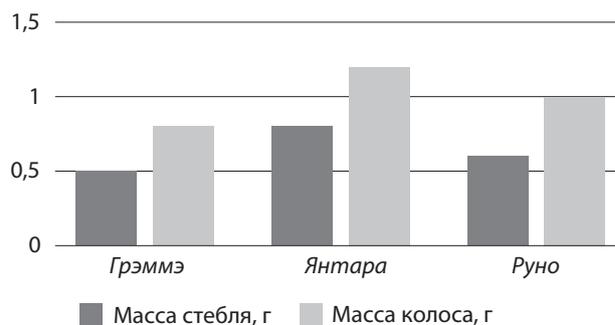


Рис. 2. Количественные показатели полбы по массе стебля и массе колоса.

Янтара – 2,31 т/га (табл. 4). Следует отметить, что у сортов *Руно* и *Греммэ* на территории Краснодарского края урожайность меньше, чем в Кабардино-Балкарской Республике.

Количественные показатели (высота растения, длина стебля и длина колоса) в фазе полной спелости растений исследуемых сортов представлены на рисунке 1.

На графике видно, что высота растения и длина стебля сорта *Янтара* превосходит другие образцы.

Это связано с тем, что у него более развита корневая система, которая хорошо питает стебель и колос.

На рисунке 2 прослеживается увеличение массы стебля и колоса у *Янтарь*, по сравнению с другими сортами.

Выводы. Из проведенных испытаний перспективных сортов полбы в условиях Кабардино-Балкарской Республики следует, что наиболее высокие результаты показал сорт *Янтара*, который может быть рекомендован для возделывания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бажанов А.О. Возделывание сортов с описанием пород, разводимых в России. М., 2021. 214 с.
2. Дудкин И.В., Дудкина Т.Л. Севооборот и удобрение – основные факторы управления формированием урожая, дополнительное и переработанное // Земледелие. 2021. 354 с.
3. Кондратенко Е.П., Егушова Е.А., Косолапова А.А., Сергеева И.А. Накопление белка и клейковины в зерне раннеспелых и среднеранних сортов яровой пшеницы на серых лесных почвах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (136). С. 16–23.
4. Мамедов К.С.О. Возделывание полбы сорта «Янтара» в условиях Кабардино-Балкарской Республики // Интернаука. 2022. № 14-2 (246). С. 61–63.
5. Мамедов К.С. Технология выращивания полбы // Аграрный научный журнал. 2022. № 2 (67). С. 31–35.
6. Мамедов К.С., Мамсиров Н.И., Назранов Х.М. и др. Совершенствование технологии возделывания полбы в условиях центральной части Северного Кавказа. Новые технологии / New technologies. 2023. № 19(2). С. 110–119.
7. Поползухин П.В., Николаев П.Н., Аниськов Н.И. и др. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья // Земледелие. 2021. № 3. С. 40–43.
8. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Эффективность прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4 (64). С. 18–27.
9. Порсев И.Н., Торопова Е.Ю., Малинников А.А. Фитосанитарная и продукционная оценка роли сортов и фунгицидов в технологии возделывания яровой пшеницы в Зауралье // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (18). С. 55–59.
10. Постников П.А. Оценка полбы как предшественника для яровой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 1(29). С. 15–21.
11. Романов Б.В., Пимонов К.И., Липский Д.Д. Продукционные особенности пшеницы *Triticum petropavlovskiy* // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 173–183.
12. Raz Avni, Moran Nave, Omer Barad et al. Wild emmer genome architecture and diversity elucidate wheat evolution and domestication. 2021. Science. 357:93-97.
13. Hubbud K. Big wheat yields in perspective // Arable Farming, 2021. V. 4. № 4. P. 11–15.
14. Hösel W. Anbauumfang, Verwertung, Produktionstechnik und Wirtschaftlichkeit des dinkelanbaum in Süddeutschland // Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch. München, 2020. Heft 4. P. 31–39.
15. Jehl D.T., Salder J.M., Jervine R.B. Yield potential protein content, and nitrogen requirements of semidwarf versus conventional wheat cultivate // Review of results – Research station, 2019. P. 22–28.

REFERENCES

1. Bazhanov A.O. Vozdelyvanie sortov s opisaniem porod, razvodimyh v Rossii. M., 2021. 214 s.
2. Dudkin I.V., Dudkina T.L. Sevooborot i udobrenie – osnovnye faktory upravleniya formirovaniem urozhaya, dopolnitel'noe i pererabotannoe // Zemledelie. 2021. 354 s.
3. Kondratenko E.P., Egushova E.A., Kosolapova A.A., Sergeeva I.A. Nakoplenie belka i klejkoviny v zerne rannespelelyh i srednerannih sortov yarovoj pshenicy na seryh lesnyh pochvah // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 2 (136). S. 16–23.
4. Mamedov K.S.O. Vozdelyvanie polby sorta «Yantara» v usloviyah Kabardino-Balkarskoj Respubliki // Internauka. 2022. № 14-2 (246). S. 61–63.
5. Mamedov K.S. Tekhnologiya vyrashchivaniya polby // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. № 2 (67). S. 31–35.
6. Mamedov K.S., Mamsirov N.I., Nazranov H.M. i dr. Sovershenstvovanie tekhnologii vozdelivaniya polby v usloviyah central'noj chasti Severnogo Kavkaza. Novye tekhnologii / New technologies. 2023. № 19(2). S. 110–119.
7. Popolzuhin P.V., Nikolaev P.N., Anis'kov N.I. i dr. Ocenka produktivnosti i adaptivnyh svojstv sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Sibirskogo Priirtysh'ya // Zemledelie. 2021. № 3. S. 40–43.
8. Pasyнков A.V., Pasynkova E.N. Effektivnost' prognoza soderzhaniya syroj klejkoviny v zerne pshenicy // Zernovoe hozyaistvo Rossii. 2021. № 4 (64). S. 18–27.
9. Porsev I.N., Toropova E.Yu., Malinnikov A.A. Fitosanitarnaya i produkcionnaya ocenka roli sortov i fungicidov v tekhnologii vozdelivaniya yarovoj pshenicy v Zaural'e // Vestnik Kurganskoy gosudarstvennoj sel'skohozyaistvennoj akademii. 2021. № 2 (18). S. 55–59.
10. Postnikov P.A. Ocenka polby kak predshestvennika dlya yarovoj pshenicy // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 1(29). S. 15–21.
11. Romanov B.V., Pimonov K.I., Lipskij D.D. Produkcionnye osobennosti pshenicy *Triticum petropavlovskiy* // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 4 (60). S. 173–183.
12. Raz Avni, Moran Nave, Omer Barad et al. Wild emmer genome architecture and diversity elucidate wheat evolution and domestication. 2021. Science. 357:93-97.
13. Hubbud K. Big wheat yields in perspective // Arable Farming, 2021. V. 4. № 4. P. 11–15.
14. Hösel W. Anbauumfang, Verwertung, Produktionstechnik und Wirtschaftlichkeit des dinkelanbaum in Süddeutschland // Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch. München, 2020. Heft 4. P. 31–39.
15. Jehl D.T., Salder J.M., Jervine R.B. Yield potential protein content, and nitrogen requirements of semidwarf versus conventional wheat cultivate // Review of results – Research station, 2019. P. 22–28.

Поступила в редакцию 07.09.2023

Принята к публикации 21.09.2023

НОВЫЕ ЛИНИИ ПОЛБЫ ГОЛОЗЕРНОЙ В ЮЖНОМ ДАГЕСТАНЕ*

Белаяхан Абдурашидовна Баташева¹, доктор биологических наукРенат Абдуллаевич Абдуллаев², кандидат биологических наукЕвгений Евгеньевич Радченко², доктор биологических наукОльга Николаевна Ковалева², кандидат биологических наук¹Дагестанская опытная станция – филиал ВИР, г. Дербент, Республика Дагестан, Россия²Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,

г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: kostek-kum@rambler.ru

Аннотация. *Зерновая культура полба – это уникальный продукт со сбалансированным витаминно-минеральным составом, превосходящий по содержанию ценных веществ мягкую пшеницу. Родина злака – страны Средиземноморья. После длительного периода забвения полба *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl вновь появилась в посевах европейских стран и активно культивируется в Иране, Индии, Турции, США, а на территории России – в Красноярском крае, Омской области, Татарстане, Дагестане. Интерес к ней проявился из-за отсутствия генно-модифицированных сортов и комплекса полезных свойств. В зерне полбы более 18% белка. Продукты из нее диетические. Использование зерна в пищу снижает риск сердечно-сосудистых и ряда онкологических заболеваний. Основные поставщики полбяной крупы – Иран, Индия, Турция, США, Армения, Дагестан. Литературные сведения о регионах, имеющих соответствующие для возделывания культуры почвенно-климатические условия, довольно скудны. Поэтому выявление перспективных для выращивания в условиях конкретного региона образцов актуально. На Дагестанской опытной станции ВИР с 2013 года проводится размножение и лабораторно-полевое изучение новых линий полбы голозерной, созданных профессором В.Д. Кобылянским (г. Санкт-Петербург, ВИР) путем направленного линейного отбора гибридов (F_{12}) от скрещивания образцов полбы пленчатой (*T. dicoccum*) и сортов пшеницы твердой *T. Durum Desf.* В 2016 году из 16 исходных линий выделили две лучшие со стекловидным зерном, которые были включены в контрольный питомник для комплексного изучения при озимом сроке сева яровых зерновых культур. Образцы изучены по скороспелости, устойчивости к грибным болезням, полеганию и урожайности.*

Ключевые слова: *полба голозерная, линии, селекционная ценность*

NEW LINES OF THE TRITICUM SPELTA IN SOUGHT DAGESTAN

B.A. Batasheva¹, *Grand PhD in Biological Sciences*R.A. Abdullaev², *PhD in Biological Sciences*E.E. Radchenko², *Grand PhD in Biological Sciences*O.N. Kovaleva², *PhD in Biological Sciences*¹Dagestan OS – branch of VIR, Derbent, Republic of Dagestan, Russia²Federal Research Center «All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov», St. Petersburg, Russia

E-mail: kostek-kum@rambler.ru

Abstract. *Few people know about the existence of such a grain crop as spelt and its benefits for human health. This is a unique product with a balanced vitamin and mineral composition, surpassing even soft wheat in the content of valuable substances. The center of origin this crop is the Mediterranean countries. The first mentions of spelt are found in Ancient Egypt, Babylon, Greece, Turkey and Armenia. After a long period of oblivion, spelt *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl reappeared in the crops of European countries and is actively cultivated in Iran, India, Turkey, the USA, and in Russia – in the Krasnoyarsk region, Omsk region, Tatarstan, Dagestan. The absence of gene-modified varieties and the complex of beneficial properties of its grain are interesting for the use of this crop. Spelt grain contains more than 18% protein and has a higher content of fiber, Zn, Fe and Mn compared to other types of wheat. Products made from spelt grain are used as dietary products. Using spelt as food reduces the risk of cardiovascular diseases and a number of cancers. Today, the main suppliers of spelt cereal are Iran, India, Turkey, USA, Armenia, and Dagestan. Literary information about the regions with soil and climatic conditions appropriate for the cultivation of this crop is rather scarce. The morpho-biological study of spelt in connection with economically valuable traits and the identification of promising samples for cultivation in a particular region is relevant. Since 2013, the Dagestan Experimental Station has been conducting laboratory and field evaluation of new naked spelt lines, created by Professor Vladimir Dmitrievich Kobylansky (St. Petersburg, VIR). These lines were created by selection hybrids (F_{12}) from crossing of spelt (*T. dicoccum*) and hard wheat varieties (*T. durum Desf.*) In 2016, 2 best ones with glassy grain were selected and were included in the control nursery for a comprehensive study under the winter sowing period of spring grain crops accepted in the region. The samples were studied for early maturity, resistance to fungal diseases, lodging and yield. The results of a three-year (2020–2022) study of the two selected forms were obtained and the contribution of various traits to the formation of the crop was determined.*

Keywords: *naked spelta, lines, 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 performed at the Dagestan experimental station within the framework of the state task according to the thematic plan of the VIR under project No. FGEM-2022-0009 “Structuring and unlocking the potential of hereditary variability of the world collection of cereals and cereals of the VIR for the development of an optimized Genebank and rational use in breeding and crop production”.

Полба — одна из самых древних зерновых колосовых культур. *T. Dicoccoides* (Koern.) Schweinf. — двузернянка дикая, настоящая дикая полба с признаками культурного типа (крупные колосья и стекловидные высокобелковые зерна). Произрастает в Северной Палестине и Сирии — прародитель полбы обыкновенной *T. dicocum* (Schrank) Schuebl., которую возделывают наряду с древними видами закавказской и колхидской полбы. [2, 9]

Наибольшей популярностью в России полба пользовалась в XVIII—XIX веках и считалась дикорастущей разновидностью пшеницы. В XX веке установлено, что правильнее определять полбу как отдельную злаковую культуру — прародительницу мягкой пшеницы. Полбу широко и успешно применяли в селекции мягкой и твердой пшеницы, но почти не вели работу по ее селекционному улучшению.

Урожай полбы, как ячменя и овса, представляет собой «ворох» — необмолоченные колоски, трудоемкие в переработке. Крупа полбы почти вышла из повседневного употребления, вытесненная пшеницей, которая более технологична при выращивании и обработке.

В последние годы вновь возродился интерес к полбе, поклонники здорового питания оценили массу полезных свойств этой крупы. Она содержит практически все необходимые человеческому организму питательные вещества, повышает иммунитет, нормализует сердечно-сосудистую и нервную системы. [1, 5, 8, 9] Полба неприхотлива к условиям произрастания, пластичная, засухоустойчивая, холодоустойчивая, скороспелая, резистентная к болезням и вредителям. [7, 8]

Все перечисленные качества делают полбу ценным исходным материалом при гибридизации с мягкой и, особенно, твердой пшеницей в качестве генетического источника хозяйственно ценных признаков. Полбу используют в межвидовых скрещиваниях для улучшения современных высокопродуктивных сортов пшеницы. [5, 6]

Материал по морфологии и биологии *T. dicocum*, представленный в «Культурной флоре», основан на данных, полученных в южных подразделениях ВИР (Среднеазиатский филиал, Дагестанская и Кубанская опытные станции), который полностью не отражает амплитуды изменчивости морфологических признаков и биологические особенности форм, составляющих данный вид.

Недостатки полбы — относительно невысокий урожай, по сравнению с другими видами пшеницы, ломкий колос, трудная вымолочиваемость. Получение голозерных сортов полбы — актуальная задача современности. Велика роль в решении данной проблемы ученых ВИР (А.Ф. Мережко, В.Д. Кобылянский). Линии голозерной полбы выведены межвидовыми скрещиваниями разных сортов твердой пшеницы с местными сортами пленчатой полбы. Обмолочиваемость растений составляет 95...100%. Культура произрастает в Сибири, Предуралья, Поволжье, на Юге России, Кавказе, Псковской, Ленинградской областях и в центральной части Европейской России. [6]

Урожайность полбы в значительной степени зависит от продуктивной кустистости, густоты стеблестоя, числа колосков и зерен в колосе, массы 1000 зерен и с колоса. Изучается корреляция между признаками и их вклад в формирование конечного урожая. [3, 5]

Цель работы — изучить хозяйственно ценные признаки полбы и выявить перспективные образцы для выращивания в условиях конкретного региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На Дагестанской опытной станции ВИР в 2013–2022 годах проводили размножение и последующее лабораторно-полевое исследование новых линий голозерной полбы, созданных профессором В.Д. Кобылянским. Данные формы получены с помощью направленного линейного отбора гибридов (F12) от скрещивания образцов полбы пленчатой (*T. dicocum*) с номерами каталога ВИР: к-6534, к-6538 (Германия), к-9934 (Украина), к-20638 (Испания) с донором признака короткостебельности твердой пшеницы $XaRD^{46}/_{17}$ *T. Durum* для создания голозерного короткостебельного неполегающего высокоурожайного сорта полбы яровой с высокими агрономическими свойствами, отвечающими современным требованиям технологии выращивания. Линии характеризуются сочетанием высокой технологичности возделывания, голозерности, обмолочиваемости и качества зерна с высокой устойчивостью к листовостебельным болезням и корневой гнили, предназначены для широкого использования зерна в хлебопечении, производстве крупяных и макаронных изделий, в том числе для детского и геронтологического питания.

Полевые опыты закладывали при озимом сроке сева, площадь питания одного растения — 5×20 см. Исследования провели в соответствии с Методическими указаниями ВИР. [4] Посев — во второй половине октября. Стекловидность зерна оценена по девятибалльной шкале, для сравнения использовали сорт пшеницы твердой *Durato* (и-627509, Италия) с величиной показателя 9 баллов.

Стандарт — сорт *Руно*, районированный в Северо-Кавказском регионе РФ. Для определения доли пленок в урожае зерна с единицы площади проанализировали 50 колосков в двух повторностях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За 2013–2015 годы на Дагестанской ОС ВИР размножили 16 селекционных линий, 12 из которых изучили в лабораторно-полевых условиях. Образцы оценены по скороспелости, устойчивости к мучнистой росе, продуктивной кустистости, массе зерна с 1 м². Линии, устойчивые к возбудителю мучнистой росы, формируют хороший продуктивный стеблестой и урожай (табл. 1).

Для изучения селекционно важных признаков под урожай 2016 года отобраны и посеяны пять линий с хорошей выраженностью показателей продуктивности и высокой стекловидностью зерна (табл. 1). Семена высевали на делянках площадью 1 м² в трехкратной повторности.

Образцы оценены по признакам: стекловидность зерна, высота растения, масса 1000 зерен и с 1 м². Зерно выделенных форм стекловидное. Высота растений варьирует от 107 до 122 см, устойчивость к полеганию — 7...9 баллов. Масса 1000 зерен — 36...38 г, у стандарта *Руно* — 34. Продуктивность новых линий — 221...232 г/м² при 375 у стандарта. Сочетание более стекловидного зерна (9 баллов), хорошей

массы 1000 зерен (37...38 г) и массы зерна с делянки (235...248) отмечено у двух линий, выделенных в 2016 году как лучшие: 1338/15 и 1342/15 (табл. 2).

Линия 1 (*T. diccocomf. nudum*), родословная: F₉ [(F₂(Tromb×XaRD^{46/17})×F₃ (6538×XaRD^{46/17})]]; Линия 2 (*T. Diccocomf. nudum, v. nudicocum*), родословная: F₈{[F₃(9934×20638)×F₅(Tromb×9934)]×XaRD^{46/17}}.

Линии различаются по цвету зерна, который обусловлен пигментами в составе оболочек (пленки). У Линии 1 зерно белое, 2 – красное, Руно – пленчатое (рис. 1–3, 2-я стр. обл.).

Провели анализ 50 колосков сорта Руно в двух повторностях. Определили вес колосков, зерен и пленок, количество зерен, составили пропорцию, вычислили долю пленок (табл.3).Средняя доля пленок при урожайности 461,7 г/м² – 21,5%, что соответствует 99,3 г зерна. Следовательно, масса чистого зерна с единицы площади – 362,4 при 419,4 у Л 1 и 392,8 г/м² – Л 2.

Комплексно изучили данные линии в контрольном питомнике в 2020–2022 годах (табл. 4, 5).

По многолетним данным по продуктивности в регионе выделяются среднеспелые формы. Образцы, восприимчивые к возбудителю желтой ржавчины (3...5 балл) при 5 баллах у стандарта, устойчивые к полеганию (9 баллов) при высоте растения 118...122 см. Число продуктивных стеблей составляет 305 и 302, у Руно– 425 шт./м². Для определения массы 1000 зерен зерно стандарта было очищено от колосковой и цветковой чешуи. По величине показателя формы существенно не различались (33,4...34,5 г).

Продуктивность изученных образцов – 393...462 г/м². С учетом % пленчатости Руно (21,5) рассчитана масса

Таблица 1.
Лабораторно-полевая оценка новых линий полбы, 2015 год

Линия	Дата колошения	Устойчивость к мучнистой росе, балл	Продуктивная кустистость, шт/м ²	Масса зерна, г/м ²
1331/15	25.05	5	605	355
1332/15	26.05	9	671	495
1333/15	28.05	9	452	515
1334/15	23.05	7	471	390
1335/15	25.05	5	580	620
1336/15	25.05	7	452	520
1337/15	25.05	9	432	445
1338/15	23.05	7	387	405
1339/15	28.05	9	395	385
1340/15	24.05	7	241	280
1341/15	26.05	9	475	460
1342/15	23.05	5	426	345

Таблица 2.
Сравнительная оценка линий полбы

Образец	Стекловидность зерна, балл	Высота растения, см	Масса зерна, г	
			1000 зерен	с 1 м ²
Линия 1331/15	7	118,3±6,67	36,1±1,05	331,7±28,0
Линия 1334/15	7	106,7±8,82	38,1±0,35	281,7±39,2
Линия 1338/15	9	121,7±1,67	37,9±0,07	248,3±33,5
Линия 1340/15	7	111,7±7,26	37,9±0,33	220,7±61,6
Линия 1342/15	9	108,3±10,1	36,8±0,61	235,0±50,1
Руно(St)	7	118,3±1,67	34,3±0,59	375,0±56,2

Таблица 3.
Определение доли пленок в урожае зерна сорта Руно

Анализ 50 колосков				
Вес, г	Количество зерен, шт.	Вес зерен, г	Вес пленок, г	Доля пленок, %
3,90	96	2,99	0,89	22,8
3,56	96	2,62	0,72	20,2

Таблица 4.
Результаты фенологических наблюдений линий полбы голозерной

Образец	Происхождение	Дата колошения	Устойчивость, балл		Высота растения, см
			желтая ржавчина	полегание	
Линия 1	СПб – Дербент	17.05	5	9	122,0±10,2
Линия 2	СПб – Дербент	16.05	3	9	118,3±9,96
Руно (St)	Краснодар-СПб	18.05	5	9	126,7±6,12

Таблица 5.
Показатели продуктивности линий полбы голозерной

Образец	Число продуктивных стеблей, шт/м ²	Масса зерна, г.		% пленчатости	Масса чистого зерна, г/м ²	% к St
		1000 зерен	с 1 м ²			
Линия 1	305,3±76,9	34,5±0,66	419,4±103,0		419,4	115,7
Линия 2	301,7±61,2	33,4±0,87	392,8±68,0		392,8	108,4
Руно (St)	425,3±88,3	34,3±0,59	461,7±42,2	21,5	362,4	100

Таблица 6.
Биохимический анализ зерна линий полбы репродукции 2020 года

Линия	Влажность, %	Протеин на сухое вещество, %	Сырая клейковина, Базис = 14%	Индекс зелени, Базис = 14мл	Крахмал на сухое вещество, %
1	13,03	12,68	25,48	83,29	63,77
1	13,09	13,14	26,5	46,71	70,77
среднее	13,06	12,91	25,99	65,0	67,27
2	13,33	12,6	25,28	44,2	69,78
2	13,26	11,56	25,42	48,91	68,59
среднее	13,30	12,08	25,35	46,56	69,19

чистого зерна у стандарта с единицы площади и % к St новых линий, что составляет 108...116% соответственно (табл. 5).

Сочетание продуктивной кустистости и массы 1000 зерен обеспечили линиям полбы голозерной формирование хорошего урожая, что на 8...16% превышает величину аналогичного показателя у Руно.

Урожайность – интегральный признак. Получена положительная корреляция продуктивности с густотой продуктивного стеблестоя (r = 0,986) и массой 1000 зерен (r = 0,999), а также положительная корреляция (r = 0,977) между густотой продуктивного стеблестоя и массой 1000 зерен.

Проведен биохимический анализ зерна линий полбы голозерной (табл. 6).

Таким образом, в результате лабораторно-полевого изучения новых линий полбы голозерной в условиях

Южного Дагестана выделены две линии. Зерно стекло-видное у Л 1 – белого цвета, Л 2 – красного, содержание белка в зерне 12,9 и 12,1% соответственно.

Линии, устойчивые к листовым болезням (кроме желтой ржавчины) и полеганию, превышают сорт *Руно* по урожайности на 8...16% и рекомендованы к включению в селекционно-генетические программы.

Посвящается светлой памяти профессора Владимира Дмитриевича Кобылянского

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Агапкин А.М. Особенности пищевой ценности, ассортимента и нормирование качества пшеничных круп (кускус, полба, булгур, фрике) // *Инновационная наука*. № 3. 2021. С. 48–51.
- Дорофеев В.Ф., Якубцинер М.М., Руденко М.И. и др. Пшеницымира. Л.: «Колос», 1976, 487 с.
- Крюкова А.Г. Морфобиологические особенности растений подвидов *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. Автореферат. СПб. 2005. 175 с.
- Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев В.Е. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (Методические указания). Санкт-Петербург. ВИР.1999. 81 с.
- Митрофанов Ю.И., Пугачева Л.В., Гуляев М.В., Смирнова Н.А. Особенности выращивания полбы на осушаемых землях // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. № 3. 2020. С. 35–39.
- Смекалова Т.Н., Кобылянский В.Д. Новый подвид пшеницы *Triticum Dicocconöschranköschuebl. subsp. nudicocconkobyyl. etsmekal.* // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. СПб. 180 (4). 2019. С. 148–151.
- Сурин Н.А., Попова Н.М. Биологические особенности пленчатой и голозерной полбы в условиях Красноярского края // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30. № 6. С. 15–17.
- Тарасова Л.В., Рендов Н.А., Фризен Ю.В., Мозылева С.И. Продуктивность полбы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // *Вестник Омского ГАУ*. № 4 (36). 2019. С. 75–81.
- Темирбекова С.К., Бегеулов М.Ш., Афанасьева Ю.В. и др. Адаптивный потенциал полбы голозерной в условиях второго, третьего и седьмого регионов Российской Федерации // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. № 1. 2020. С. 34–38.

REFERENCES

- Agapkin A.M. Osobennosti pishchevoj cennosti, assortiment i normirovanie kachestva pshenichnyh krup (kus-kus, polba, bulgur, frike) // *Innovacionnaya nauka*. № 3. 2021. S. 48–51.
- Dorofeev V.F., Yakubciner M.M., Rudenko M.I. i dr. Pshenicymira. L.: «Kolos», 1976, 487 s.
- Kryukova A.G. Morfobiologicheskie osobennosti rastenij podvidov *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl. Avtoreferat.SPb. 2005. 175 s.
- Merezhko A.F., Udachin R.A., Zuev V.E. i dr. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kollekcii pshenicy, egilopsa i tritikale (Metodicheskie ukazaniya). Sankt-Peterburg. VIR.1999. 81 s.
- Mitrofanov Yu.I., Pugacheva L.V., Gulyaev M.V., Smirnova N.A. Osobennosti vyrashchivaniya polby na osushaemyh zemlyah // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. № 3. 2020. S. 35–39.
- Smekalova T.N., Kobylanskij V.D. Novyj podvid pshenicy *Triticum Dicocconöschranköschuebl. subsp. nudicocconkobyyl. etsmekal.* // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. SPb. 180 (4). 2019. S. 148–151.
- Surin N.A., Popova N.M. Biologicheskie osobennosti plenchatoy i golozernoj polby v usloviyah Krasnoyarskogo kraja // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016. T. 30. № 6. S. 15–17.
- Tarasova L.V., Rendov N.A., Frizen Yu.V., Mozyleva S.I. Produktivnost' polby v usloviyah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // *Vestnik Omskogo GAU*. № 4 (36). 2019. S. 75–81.
- Temirbekova S.K., Begeulov M.Sh., Afanas'eva Yu.V. i dr. Adaptivnyj potencial polby golozernoj v usloviyah drugogo, tret'ego i sed'mogo regionov Rossijskoj Federacii // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. № 1. 2020. S. 34–38.

Поступила в редакцию 17.10.2023

Принята к публикации 24.10.2023

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ *IN VITRO FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH.*

Ольга Владимировна Мацнева

Лариса Владимировна Ташматова, кандидат сельскохозяйственных наук

Татьяна Михайловна Хромова, кандидат биологических наук

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

E-mail: macneva@orel.vniispk.ru

Аннотация. Земляника садовая — одна из наиболее экономически значимых культур в мировом ягодоводстве. Цель работы — подбор оптимальной питательной среды для микроразмножения *in vitro* земляники в системе производства оздоровленного посадочного материала. Исследования выполнены в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИСПК по общепринятым методикам. Объект изучения — коммерческие сорта земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa Duch.*) иностранной селекции: *Alba* (NF 311), *Darselect*, *Kimberly*, *Clery*, *Syria* (NF 137), *Florence*. Варианты прописей питательных сред: Ли и де Фоссарда, Гамборга и Эвелега (В₅), Кнопа, Мурасиге-Скуга с добавлением 0,8 мг/л цитокинина 6-БАП. МС — оптимальная питательная среда, способствующая интенсивной пролиферации и корнеобразованию у растений. На питательной среде Кнопа микрорастения на втором пассаже приобретали красноватый цвет, не характерный для изучаемых сортов. Максимальные значения высоты растений отмечали в контроле с питательной средой МС у сортов *Darselect* (9,1 мм) и *Kimberly* (8,6 мм). Во всех остальных вариантах средняя высота растений не превышала 7,7 мм. Среды по прописи ЛФ и В₅ можно использовать для получения микрорастений, пригодных к высадке в условия *ex vitro*, исключая этап укоренения, для ускорения получения оздоровленного посадочного материала. Установлена различная реакция сортов земляники на минеральный состав питательных сред.

Ключевые слова: земляника садовая, питательная среда, клональное микроразмножение, генотип, регенерация

THE INFLUENCE OF THE NUTRIENT COMPOSITION MEDIUM ON THE INTENSITY MICROPROPAGATION *IN VITRO FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH.*

O.V. Matsneva

L.V. Tashmatova, PhD in Agricultural Sciences

T.M. Khromova, PhD in Biological Sciences

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

E-mail: macneva@orel.vniispk.ru

Abstract. Strawberry is one of the most economically significant crops in the world berry growing. In the course of research, the influence of the mineral composition of nutrient media on the growth and development of strawberry plants at the stage of micro-propagation proper was studied for further optimization of the technology of microclonal reproduction. The purpose of the work is to select the optimal nutrient medium for micropropagation of strawberry *in vitro* in the production system of healthy planting material. The research was carried out in the laboratory of biotechnology of the Russian research Institute of Fruit Crop Breeding according to generally accepted methods. The objects were important commercial varieties of garden strawberries (*Fragaria* × *Ananassa Duch.*) of foreign breeding: *Alba* (NF 311), *Darselect*, *Kimberly*, *Clery*, *Syria* (NF 137), *Florence*. Variants of the nutrient media formulations used: Lee and de Fossard, Gamborg and Eveleigh (B₅), Knop, Murashige-Skoog with the addition of 0.8 mg/l cytokinin 6-BAP. Optimal recipes of the nutrient medium that promote intensive proliferation and root formation in plants have been determined. For the cultivation of the studied strawberry varieties at the stage of actual micro-propagation with a high degree of regeneration, the optimal nutrient medium is the MS medium. On the nutrient Knop's medium, the micro-plants on the second passage acquired a reddish color, not characteristic of the studied varieties. The maximum values of plant height were noted in the control variant with MS nutrient medium in the varieties *Darselect* (9.1 mm) and *Kimberly* (8.6 mm). In all other variants of the studied nutrient media, the average height of plants did not exceed 7.7 mm. Media according to the LF and B₅ recipe can be used to obtain microplants suitable for planting in *ex vitro* conditions, excluding the rooting stage, to accelerate the production of healthy planting material. A different reaction of strawberry varieties to the mineral composition of nutrient media has been established.

Keywords: garden strawberries, nutrient medium, microclonal propagation, genotype, regeneration

Для крупномасштабного производства посадочного материала плодовых и ягодных культур, сохранения ценных генотипов необходимы быстрые и надежные системы размножения. Использование биотехнологических методов позволяет наладить крупномасштабное размножение оздоровленного материала. [12]

Рост и развитие растений *in vitro* зависит от их генотипических особенностей, физиологического состояния, условий культивирования. Питательная среда — определяющий фактор успеха при выращивании клеток, тканей и органов растений. [7] Экспланты

растений, помещенные *in vitro*, дают начало новым растениям при культивировании на среде, которая содержит минеральные соли, витамины, регуляторы роста и источник углерода. Изучение взаимосвязи между питательными веществами среды и пролиферацией экспланта может способствовать разработке более эффективной системы размножения регенерантов. [10] Минеральные компоненты входят в структуру клеток растений, определяют осмотическое давление и pH питательной среды. [1] Существуют общие требования: все компоненты питательной сре-

ды должны находиться в легкоусвояемой, доступной для растений форме; рН – близкий к нейтральному и не может сильно меняться в процессе роста растения; общая концентрация солей не превышает определенный уровень. [8]

Породно-сортовые особенности растений значительно влияют не только на потребности в различных биологически активных веществах, но и элементы минерального питания, особенно в изолированных условиях *in vitro*. [3, 10] С.М. Ramage и R.R. Williams считают минеральную основу питательной среды основным фактором, определяющим направление морфогенеза при культивировании микрорастений *in vitro*. [15] Взаимосвязи между культуральной средой и эксплантом, приводящие к морфогенезу, сложные и недостаточно изученные. Минеральные питательные вещества часто упускаются из виду как возможные морфогенные элиситоры. Комбинацию минералов для конкретного вида растений и их развития обычно определяют подбором одного из существующих составов питательных сред. Часто на протяжении всего культивирования используют только один тип среды, даже если состав не оптимальный для различных стадий роста и развития экспланта. Исследования минералов фокусируются на росте, при этом очень мало известно о взаимосвязи между поглощением минералов и морфогенезом. J. Греесе считает, что оптимизация минеральных компонентов питательной среды может снизить требуемые концентрации регуляторов роста растений. [14]

При микроразмножении земляники наиболее часто используют питательную среду Мурасиге-Скуга, содержащую сбалансированный комплекс минеральных солей макро- и микроэлементов, хотя земляника отличается большой пластичностью в отношении минерального состава питательной среды. [6, 11] По мнению С.Л. Расторгуева, высокий коэффициент размножения достигается на средах Ли и де Фоссарда, Андерсона. [5] Питательные среды Готре, Хеллера отличаются пониженной концентрацией минеральных солей и больше пригодны для апикальных меристем, чем для индукции дополнительных микрорастений. Е.В. Амброс с соавторами рекомендует на этапе собственно размножения для сортов земляники сибирского региона применять питательную среду Гамборга и Эвелгеа. [2] W. Кнор показал, что возможно вырастить растение при наличии семи элементов питания – азот, фосфор, калий, магний, кальций, сера, железо.

Из-за постоянно меняющегося сортимента земляники необходимо совершенствование технологии *in vitro*, включая подбор оптимальной питательной среды, с учетом генотипических особенностей.

Цель работы – подбор оптимальной питательной среды на этапе микроразмножения для массового производства растений земляники *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИСПК. Объект изучения – микрорастения земляники из пролиферирующей культуры *in vitro* коммерческих сортов: *Alba (NF 311)*, *Darselect*, *Kimberly*, *Clery*, *Syria (NF 137)*, *Florence*. Микрорастения земляники длиной 5...6 мм были помещены по одному в пробирки с различными вариантами питательной среды: Ли и де Фоссарда (ЛФ), Гамборга и Эвелгеа (В₅),

Кнопа. Контроль – растения-регенеранты на питательной среде Мурасиге-Скуга (МС) (табл. 1).

Все среды были дополнены витаминами, гликоколом, а также цитокинином 6-БАП концентрацией 0,8 мг/л, в качестве источника углеводов использовали 3% сахарозу. Во время размножения поддерживали постоянную температуру 23°C, фотопериод – 16/8 ч. В вариантах по 30 растений каждого сорта. Каждые четыре недели их пересаживали на свежие питательные среды. Число пассажей – четыре. Оценивали количество и длину корней и образовавшихся дополнительных побегов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оптимизация микроразмножения – сложный процесс, включающий последовательность стадий развития, на которые влияют многочисленные эндогенные и экзогенные факторы. [9]

Изучали влияние состава некоторых питательных сред на регенерационные и морфометрические параметры развития микрорастений земляники в культуре *in vitro*. Регенерация придаточных побегов – необходимое условие для успешного применения питательной среды. В нашем эксперименте наиболее высокую степень пролиферации показали экспланты на питательной среде Кнопа (табл. 2).

По ряду сортов коэффициент размножения превысил контроль в два раза (*Darselect*, *Florence*). Однако уже на втором пассаже у микрорастений, за исключением *Darselect*, на среде Кнопа наблюдали покраснение черешков листьев и листовых пластинок, что говорит о непригодности данной среды для длительного размножения в культуре, несмотря на высокий коэффициент размножения. Среда МС, характеризующаяся высоким содержанием неорганического азота, способствовала активной закладке пазушных побегов, но у сорта *Kimberly* в четвертом пассаже отмечали витрификацию отдельных микрорастений. На средах

Таблица 1.
Состав питательной среды, мг/л

Элемент	Питательная среда			
	МС (контроль)	ЛФ	В ₅	Кнопа
NH ₄ NO ₃	1650	800		
KNO ₃	1900	1010	2500	250
CaCl ₂ ×2H ₂ O	440	294	150	
Ca(NO ₃) ₂				1000
MgSO ₄ ×7H ₂ O	370	370	250	250
KH ₂ PO ₄	170			250
KCl				125
NaH ₂ PO ₄ ×2H ₂ O		138	150	
Na ₂ SO ₄		63,9	134	
Na ₂ ЭДТА	37,3	37,3	37,3	37,3
FeSO ₄ ×7H ₂ O	27,8	27,8	28,7	27,8
H ₃ BO ₃	6,2	3,1	3,0	6,2
MnSO ₄ ×2H ₂ O	22,3	11,1	10,0	22,3
ZnSO ₄ ×4H ₂ O	8,6	5,8	2,0	8,6
KJ	0,83	0,4	0,75	0,83
Na ₂ MoO ₄ ×2H ₂ O	0,25	0,024	0,25	0,25
CuSO ₄ ×2H ₂ O	0,025	0,025	0,025	0,025
CoCl ₂ ×5H ₂ O	0,025	0,118	0,025	0,025

ЛФ и В₅ разница в количестве дополнительно образовавшихся побегов была незначительной, кроме сорта *Florence* (3,9 и 1,7 шт./эксплант соответственно).

Максимальные значения высоты растений были в контрольном варианте с питательной средой МС у сортов *Darselect* и *Kimberly* (табл. 3).

Во всех остальных вариантах питательных сред средняя высота растений не превышала 7,7 мм.

Перед акклиматизацией важно, чтобы микрорастения обладали высокой энергией и хорошей корневой системой для обеспечения их выживания в нестерильных условиях. Растения, имеющие лучшие морфофизиологические показатели, отлично адаптируются при переходе к условиям *ex vitro*. [13]

На этапе размножения происходило спонтанное корнеобразование, наиболее интенсивно на питательных средах ЛФ и В₅ (табл. 4).

На этих средах растения имели наибольшее количество корней разной длины, в том числе второго порядка, что может ускорить получение растений *ex vitro*, минуя этап укоренения *in vitro*. Высадка таких растений в нестерильные условия не снижает их адаптационных качеств, что подтверждено ранее проведенными исследованиями. [4] Увеличивался выход и качество укорененных растений без дополнительных затрат на стимуляторы ризогенеза.

Таким образом, для культивирования исследуемых сортов земляники на этапе микроразмножения с высокой степенью регенерации оптимальная питательная среда – МС. Среда по прописи ЛФ и В₅ можно использовать для быстрого получения оздоровленного посадочного материала. Установлена различная реакция сортов земляники на минеральный состав питательных сред.

Таблица 2.
Влияние минерального состава питательной среды на коэффициент размножения земляники садовой, шт./эксплант

Сорт	Питательная среда			
	МС (контроль)	ЛФ	В ₅	Кнопка
<i>Alba</i>	3,5 ± 0,4	2,3 ± 0,3	2,8 ± 0,4	4,4 ± 0,4
<i>Darselect</i>	2,8 ± 0,3	2,5 ± 0,3	2,5 ± 0,2	5,5 ± 0,5
<i>Kimberly</i>	3,6 ± 0,5	2,4 ± 0,4	3,3 ± 0,4	3,1 ± 0,7
<i>Clerly</i>	3,0 ± 0,3	2,1 ± 0,4	2,6 ± 0,6	2,5 ± 0,3
<i>Syria</i>	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,3	2,2 ± 0,2	3,4 ± 0,3
<i>Florence</i>	2,5 ± 0,4	3,9 ± 0,5	1,7 ± 0,4	4,9 ± 0,4

Таблица 3.
Влияние минерального состава питательной среды на высоту микрорастений земляники, мм

Сорт	Питательная среда			
	МС (контроль)	ЛФ	В ₅	Кнопка
<i>Alba</i>	6,3 ± 0,2	6,8 ± 0,4	7,4 ± 0,5	7,3 ± 0,4
<i>Darselect</i>	9,1 ± 0,7	7,7 ± 0,3	6,7 ± 0,3	7,7 ± 0,3
<i>Kimberly</i>	8,6 ± 0,5	7,6 ± 0,6	6,9 ± 0,4	6,1 ± 0,3
<i>Clerly</i>	6,8 ± 0,3	7,4 ± 0,6	7,3 ± 0,5	7,0 ± 0,6
<i>Syria</i>	6,9 ± 0,4	7,6 ± 0,3	7,5 ± 0,4	7,2 ± 0,5
<i>Florence</i>	7,5 ± 0,4	6,7 ± 0,5	7,1 ± 0,5	6,3 ± 0,3

Таблица 4.
Влияние минерального состава питательной среды на корнеобразование растений земляники в культуре *in vitro*

Сорт	Питательная среда	Укореняемость через четыре недели, %	Количество корней, шт./раст.	Длина одного корня, мм
<i>Alba</i>	МС*	13,7	0,8	1,9
	ЛФ	56,6	2,5	5,8
	В ₅	69,2	2,7	3,4
	Кнопка	7,0	1,7	7,3
	НСР ₀₅		1,2	Fф<Fт
<i>Darselect</i>	МС*	9,3	2,0	3,9
	ЛФ	51,4	2,0	3,1
	В ₅	77,4	2,6	3,1
	Кнопка	41,2	1,4	9,5
	НСР ₀₅		Fф<Fт	3,1
<i>Kimberly</i>	МС*	0	0	0
	ЛФ	37,0	3,1	6,9
	В ₅	77,3	2,8	3,9
	Кнопка	3,6	0,8	3,8
	НСР ₀₅		1,0	Fф<Fт
<i>Clerly</i>	МС*	27,3	1,3	3,3
	ЛФ	44,5	3,2	5,3
	В ₅	73,7	2,9	3,5
	Кнопка	14,9	1,5	5,7
	НСР ₀₅		1,3	Fф<Fт
<i>Syria</i>	МС*	51,1	1,6	4,2
	ЛФ	41,0	2,0	3,2
	В ₅	75,1	3,6	4,2
	Кнопка	31,1	1,8	7,0
	НСР ₀₅		1,2	Fф<Fт
<i>Florence</i>	МС*	20,5	2,1	2,9
	ЛФ	51,6	2,3	4,2
	В ₅	84,0	4,5	3,6
	Кнопка	17,2	2,0	6,7
	НСР ₀₅		1,5	1,7

Примечание: * – контроль.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алешина Е.С., Дроздова Е.А., Романенко Е.А., Романенко Н.А. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса: учебное пособие. Оренбург: ООО ИПК «Университет». 2017. 191 с. ISBN 978-5-7410-1658-9
- Амброс Е.В., Зайцева Ю.Г., Красников А.А., Новикова Т.И. Оптимизация систем регенерации микрорастений земляники садовой в культуре *in vitro* // Растительный мир азиатской России. 2017. № 4 (28). С. 73–80. doi:10.21782/RMAR1995-2449-2017-4(73-80)
- Кухарчик Н.В., Кастрицкая М.С., Семенов С.Э., и др. Размножение плодовых растений в культуре *in vitro*. Под общ. ред. Н.В. Кухарчик. Минск. Беларуская навука. 2016. 208 с. ISBN 978-985-08-1952-9
- Мацнева, О.В., Ташматова Л.В., Хромова Т.М. Влияние регуляторов роста на укоренение земляники садовой *in vitro* // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 57–60. doi: 10.30850/vrsn/2022/3/57-60
- Расторгуев С.Л. Разработка приемов размножения земляники в системе *in vitro* // Вестник МичГАУ. 2012. № 1. ч. 1. С. 10–13.

6. Семенас С.Э. Размножение in vitro сортов земляники садовой Альфа и Славутич // Плодоводство. Самохваловичи. 2013. Т. 25. С. 254–261.
7. Сквородников Д.Н., Леонова Н.В., Андропова Н.В. Влияние состава питательной среды на эффективность размножения земляники садовой in vitro // Вестник ОрелГАУ. 2013. 1(13). С. 89–92.
8. Якушкина Н.И. Физиология растений: учебное пособие. М.: «Просвещение», 1993. 335 с. ISBN 5-09-004 106-7
9. Cvrckova H., Machova P., Dostal J., Mala J. Protocol for efficient micropropagation of spring gentian and sand jurnea // Journal of science. 2014. Vol. 60 (1). PP. 1–5. doi:10.17221/60/2013-FS
10. Jamshidi S., Yadollahi A., Arab M.M., Eftekhari M.M. Predicting in vitro Culture Medium Macro-Nutrients Composition for Pear Rootstocks Using Regression Analysis and Neural Network Models // Front. Plant Sci. 2016. Vol. 7. 274 p. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00274
11. Kyte L., Kleyn J. Plants from test tubes: an introduction to micropropagation (third edition) // Portland. London. 2010. 240 p.
12. Kryukov L.A., Vodolazhsky D.I., Kamenetsky-Goldstein R. Micropropagation of Grapevine and Strawberry from South Russia: Rapid Production and Genetic Uniformity // Agronomy. 2022. Vol. 12. No. 2. P. 308. https://doi.org/10.3390/agronomy12020308
13. Neri J.C., Meléndez-Mori J.B., Tejada-Alvarado J.J. et al. An Optimized Protocol for Micropropagation and Acclimatization of Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Aroma // Agronomy. 2022. Vol. 12. No. 4. 968. https://doi.org/10.3390/agronomy12040968
14. Preece, J.E. Can nutrient salts partially substitute for plant growth regulators? // Plant Tiss. Cult. and Biotechnol. 1995. Vol. 1. No. 1. PP. 26–37.
15. Ramage C.M., Williams R.R. Mineral Nutrition and Plant Morphogenesis // In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant. 2002. V. 38. No. 2. P. 116–124. doi:10.1079/IVP2001269
3. Kuharchik N.V., Kastrickaya M.S., Semenias S.E., i dr. Razmnozhenie plodovyh rastenij v kul'ture in vitro. Pod obshch. red. N.V. Kuharchik. Minsk. Belaruskaya navuka. 2016. 208 s. ISBN 978-985-08-1952-9
4. Macneva, O.V., Tashmatova L.V., Hromova T.M. Vliyanie reguljatorov rosta na ukorenenie zemlyaniki sadovoj in vitro // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2022. № 3. S. 57–60. doi: 10.30850/vrsn/2022/3/57-60
5. Rastorguev S.L. Razrabotka priemov razmnozheniya zemlyaniki v sisteme in vitro // Vestnik MichGAU. 2012. № 1. ch. 1. S. 10–13.
6. Semenias S.E. Razmnozhenie in vitro sortov zemlyaniki sadovoj Al'fa i Slavutich // Plodovodstvo. Samohvalovichi. 2013. T. 25. S. 254–261.
7. Skovorodnikov D.N., Leonova N.V., Andronova N.V. Vliyanie sostava pitatel'noj sredy na effektivnost' razmnozheniya zemlyaniki sadovoj in vitro // Vestnik OrelGAU. 2013. 1(13). S. 89–92.
8. Yakushkina N.I. Fiziologiya rastenij: uchebnoe posobie. M.: «Prosveshchenie», 1993. 335 s. ISBN 5-09-004 106-7
9. Cvrckova H., Machova P., Dostal J., Mala J. Protocol for efficient micropropagation of spring gentian and sand jurnea // Journal of science. 2014. Vol. 60 (1). PP. 1–5. doi:10.17221/60/2013-FS
10. Jamshidi S., Yadollahi A., Arab M.M., Eftekhari M.M. Predicting In vitro Culture Medium Macro-Nutrients Composition for Pear Rootstocks Using Regression Analysis and Neural Network Models // Front. Plant Sci. 2016. Vol. 7. 274 p. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00274
11. Kyte L., Kleyn J. Plants from test tubes: an introduction to micropropagation (third edition) // Portland. London. 2010. 240 p.
12. Kryukov L.A., Vodolazhsky D.I., Kamenetsky-Goldstein R. Micropropagation of Grapevine and Strawberry from South Russia: Rapid Production and Genetic Uniformity // Agronomy. 2022. Vol. 12. No. 2. P. 308. https://doi.org/10.3390/agronomy12020308
13. Neri J.C., Meléndez-Mori J.B., Tejada-Alvarado J.J. et al. An Optimized Protocol for Micropropagation and Acclimatization of Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Aroma // Agronomy. 2022. Vol. 12. No. 4. P. 968. https://doi.org/10.3390/agronomy12040968
14. Preece, J.E. Can nutrient salts partially substitute for plant growth regulators? // Plant Tiss. Cult. and Biotechnol. 1995. Vol. 1. No. 1. 26–37.
15. Ramage C.M., Williams R.R. Mineral Nutrition and Plant Morphogenesis // In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant. 2002. Vol. 38. No. 2. PP. 116–124. doi:10.1079/IVP2001269

REFERENCES

*Поступила в редакцию 04.08.2023
Принята к публикации 18.08.2023*

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ (*RIBES NIGRUM* L.)

Татьяна Михайловна Хромова, кандидат биологических наук
Лариса Владимировна Ташматова, кандидат сельскохозяйственных наук
Ольга Владимировна Мацнева

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия
E-mail: khromova@orel.vniispk.ru

Аннотация. Отечественные и зарубежные ученые ведут исследования по оптимизации и разработке новых приемов микроклонального размножения смородины черной (*Ribes nigrum* L.). Успешность размножения зависит от сроков введения в культуру *in vitro*, типа эксплантов, стерилизующего агента, состава питательной среды. На приживаемость и рост эксплантов на каждом этапе размножения влияют состав питательной среды, регуляторы роста, в основном цитокины и ауксины. В статье рассмотрены теоретические аспекты использования различных регуляторов роста на разных этапах клонального микроразмножения смородины черной, приведены методики микроклонального размножения, разработанные учеными ведущих научно-исследовательских организаций.

Ключевые слова: смородина черная, клональное микроразмножение, регуляторы роста, ауксины, цитокинины, гиббереллины

APPLICATION OF VARIOUS GROWTH REGULATORS IN CLONAL MICROPROPAGATION OF BLACK CURRANT (*RIBES NIGRUM* L.)

T.M. Khromova, PhD in Biological Sciences
L.V. Tashmatova, PhD in Agricultural Sciences
O.V. Matsneva

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
E-mail: khromova@orel.vniispk.ru

Abstract. Currently, the optimization and development of new techniques for microclonal reproduction of black currant (*Ribes nigrum* L.) are one of the traditional objects of research of domestic and foreign scientists. It is noted that the success of reproduction depends on a number of factors: the timing of introduction into culture *in vitro*, the type of explants, the sterilizing agent, the composition of the nutrient medium. At the same time, the survival and growth of explants at each stage of reproduction depends not only on the salt composition of the nutrient medium, but also on growth regulators, mainly cytokines and auxins. This article discusses the theoretical aspects of the use of various growth regulators at different stages of clonal micropropagation of black currant, provides methods of microclonal reproduction developed by scientists of leading research organizations.

Keywords: black currant, clonal micro-reproduction, growth regulators, auxins, cytokinins, gibberellins

Метаболические процессы в растительном организме протекают при непосредственном участии эндогенных (природные) регуляторов роста. Изучен механизм действия пяти фитогормонов (ауксин, гиббереллин, цитокинин, абсцизовая кислота и этилен). Ауксин, гиббереллин и цитокинин стимулируют рост и развитие растений, усиливают физиологические и биохимические процессы, абсцизовая кислота и этилен замедляют рост и реакции обмена веществ. [2]

Важный фактор, регулирующий морфогенез в культуре изолированной ткани, – наличие в питательной среде цитокининов и ауксинов. Известно, что черная смородина обладает пониженной реакцией на большинство регуляторов роста.

Цитокинины при клональном микроразмножении растений снимают апикальное доминирование и индуцируют развитие пазушных почек, регулируют рост соматических зародышей и формирование растений, замедляют старение органов и повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды. [18]

Ауксины участвуют в процессах регенерации при размножении каллусных клеток, образовании придаточных и боковых корней, лукович, заложении вегетативных почек. Природный ауксин в растениях представлен в виде β-индолил-3-уксусной кислоты (гете-

роауксин) – ИУК. Для практических целей в сельском хозяйстве часто применяют синтетические ауксины, так как они в растениях не разрушаются ИУК-оксидазой. [23]

Растения смородины черной, культивируемые *in vitro* на питательной среде с цитокининами, в отличие от других ягодных культур, формируют короткие побеги. [13]

Российские и зарубежные исследователи рекомендуют размножать смородину черную в культуре *in vitro*, используя в качестве индуктора пролиферации дополнительных побегов цитокинин 6-бензиламинопуридин (6-БАП, BAP) концентрацией – 0,5...2,0 мг/л среды. [12, 17, 24, 30, 31]

На этапе введения в культуру лучшие результаты были получены на среде с 6-БАП – 0,5...1,0 мг/л. [6] По данным Л.А. Леонтьевой-Орловой, при клональном микроразмножении смородины черной целесообразно добавлять его в питательную среду. [14] В зависимости от генотипа изучаемого растения можно получить два-пять и более дополнительных микропобегов, сформированных в шарообразный конгломерат. [17]

О.В. Матушкина с соавторами указывают на то, что увеличение концентрации 6-БАП до 2 мг/л вызывало повышение коэффициента размножения по сравне-

нию с контролем (концентрация 6-БАП – 0,5 мг/л), однако это приводило к уменьшению микропобегов и снижению количества растений, пригодных к укоренению. [16]

В исследованиях, проводимых в институте плодородства Питешти совместно с учеными станции плодородства Клуж-Напока (Румыния), использовали разные типы эксплантов и наблюдали за скоростью размножения растений в пробирке, процентом укоренения, особенностями акклиматизации. На этапах инициации, размножения и укоренения применяли среду Мурасиге-Скуга (MS), а также Woody Plant Medium (WPM) and Driver & Kunyuki Walnut (DKW). В качестве регуляторов роста тестировали 6-бензиламинопури (6-БАП), зеатин, тидиазурон (ТДЗ, TDZ) и 2-изопентениладенин (2-іР). Наилучшие результаты были получены при использовании MS и DKW, не содержащих гормоны. После двух месяцев культивирования у микрорастений формировались побеги (до 8 см) с междоузлиями более длинными у основания и короткими в средней и верхушечной частях, крупными листьями ярко-зеленого цвета. Регуляторы роста 6-БАП, тидиазурон, зеатин и 2-іР в различных концентрациях не способствовали разрастанию пазушных побегов, а 6-БАП и тидиазурон приводили к росту очень коротких побегов с прикорневым каллусом и деформированными листьями, непригодных для дальнейшего размножения или акклиматизации. [25]

Известно, что для действия цитокинина необходимо присутствие ауксина. От их соотношения зависит регенерационная способность генотипов. [8] Введение экзогенных ауксинов в состав питательной среды на фоне 6-БАП не способствует усилению процесса морфогенеза. [17]

И.А. Райков с соавторами указывают, что выход жизнеспособных эксплантов возможно увеличить с помощью введения в питательную среду цитокинина из ряда дифенилмочевины – форхлорфенурона N-(2-хлор-4-пиридил)-N'-фенилмочевины, CPPU (0,2 мг/л). Более высокие концентрации CPPU (0,5...1,0 мг/л) вызвали морфологические отклонения эксплантов. Культивирование первичных эксплантов целесообразно проводить на питательной среде, содержащей помимо цитокинина ауксина (ИМК, 0,05 мг/л) и гиббериллины (0,5 мг/л). Применение 6-БАП (0,2...1 мг/л) и тидиазурина (TDZ) (0,05...0,2 мг/л) показало меньшую эффективность размножения. Тидиазурон у многих растений вызывает эффект витрификации. [20, 22]

Согласно исследованиям сербских ученых, для успешного размножения растений в культуре *in vitro* требуется оптимизация условий на каждом этапе культивирования. Побеги черной смородины сорта *Ѕačanska Crna* после создания асептической культуры и образования розеток размножали на базальной среде Мурасиге-Скуга с различным гормональным составом. Отмечено, что побеги, растущие на среде без цитокининов (по 0,1 мг/л ИВА и GA₃), были длинными, хорошо развитыми и могли быть субкультивированы узловой трансплантацией (разделение на микрочеренки (верхушки побегов и сегменты стебля с одним узлом) и помещение на тот же носитель), их укореняемость достигла 100% к 28 дню. [31]

D. Ružić и T. Lazić в качестве исходного материала использовали почки с веток, срезанных во время

покоя (конец января). Культивировали на среде Мурасиге-Скуга с добавлением N6-бензиладенина (ВА), индол-3-масляной кислоты (ИВА) и гиббереллиновой (GA₃) в различных концентрациях. В фазе укоренения уменьшали содержание минеральных солей в два раза, добавляли 1,0 мг/л ИВА, 0,1 мг/л GA₃ и 1 г/л активного угля. [28]

Активные исследования в области клонального микроразмножения смородины черной проводят в Польше. Ученые сельскохозяйственного университета г. Кракова разработали протокол микроразмножения представителей родов *Rubus* и *Ribes* spp. Источники эксплантов – верхушки побегов, меристемы и покоящиеся почки. Среда на этапе инициации культуры *in vitro* – Мурасиге-Скуга, дополненная регуляторами роста (бензиламинопури – 2,0 мг/л, индолил-3-масляная кислота – 0,5, гиббереллиновая – 0,1 мг/л), микроразмножения – бензиламинопури (1,0 мг/л), индолил-3-масляная кислота (0,1 мг/л), укоренения – бензиламинопури (2,0 мг/л) и индолил-3-масляная кислота (5,0 мг/л). [26]

Согласно методическим рекомендациям, разработанным в ФГБНУ ВНИИСПК, для размножения смородины черной целесообразно использовать среду Мурасиге-Скуга с добавлением 6-БАП, концентрацией от 0,2 до 2,0 мг/л в зависимости от пассажа. Культивирование эксплантов в колбах Эрлеймейера позволяет уже с 1-2 пассажа получить побеги, пригодные для укоренения. В качестве индуктора ризогенеза применяют ИМК (1...2 мг/л). [19, 20, 22]

По методике РУП «Институт плодородства» (Беларусь) среда в 0-1-2-3 пассажах – Мурасиге-Скуга с 6-БАП в 0-1 пассажах и на этапе размножения (2-3) – 0,5 мг/л, элонгации (2-3 пассажи) – 1,0 мг/л. Также на этапах элонгации в состав среды вводили GA₃ – 0,5 мг/л (2 пассаж) и 1 мг/л (3). При такой комбинации постепенно увеличивался коэффициент размножения, получено около 50% побегов, готовых к укоренению.

Среда Андерсона, дополненная 6-БАП (0,5...1,0 мг/л), оказалась подходящей по минеральному составу для развития растений, на Нича-Нича экспланты постепенно погибали. [12]

Л.В. Григорьева и соавторы в своих опытах использовали два синтетических стимулятора роста из группы цитокининов (цитадеф и кинетин) и одно вещество из ауксинов (гетероауксин). Влияние концентрации регуляторов роста на коэффициент размножения смородины черной определяли на средах: 6-БАП (0,5 мг/л); 6-БАП (1,0 мг/л); ЦФ (цитадеф) 0,5 + ИУК 0,02 мг/л (гетероауксин); ЦФ 1,0 + ИУК 0,02 мг/л. На этапе укоренения ввели два вещества группы ауксинов – гетероауксин (ИУК) и индолил-3-масляную кислоту (ИМК). Наилучшие результаты показала среда Мурасиге-Скуга с добавкой цитадефа (0,5 мг/л) и гетероауксина (0,02 мг/л). Эффективное укоренение побегов смородины черной наблюдали с добавкой гетероауксина концентрацией 1,0 мг/л. [5]

Необходим поиск новых регуляторов роста, так как часто трудно подобрать оптимальное их соотношение вследствие разнокачественности эксплантов. [7]

В последнее время в дополнение к 6-бензиламинопури для размножения растений *in vitro* используют метатополин – природный цитокинин, выделенный из листьев *Populus × robusta*. [27, 29, 32]

В своих исследованиях для микроклонального размножения черной смородины ученые применяли метополин (0,7 и 1,5 мг/л), но бензиламинопурин оказался эффективнее. [29]

И.В. Князева, В.Н. Сорокопудов, О.А. Сорокопудова отмечают, что для беспересадочного хранения эксплантов в течение трех-четырех месяцев в межсезонный период целесообразно использовать питательную среду Мурасиге-Скуга, дополненную регуляторами роста 6-БАП (0,7 мг/л) и ИМК (1 мг/л), а также источниками углеводов (маннит или сахароза). Для длительного культивирования при комнатной температуре 22...24°C рекомендуется применять маннит пониженной концентрации (0,45%). При среднесрочном депонировании (температура – 3...6°C) оптимальный источник питания – сахароза. [10, 11]

Эффективность технологии микроклонального размножения во многом определяется способностью боковых побегов к укоренению *in vitro*. Успешность прохождения этапа ризогенеза зависит от культуры, сорта, условий этапа пролиферации, солевого и гормонального состава среды, количества пассажей, степени развития укореняемого экспланта. [7, 21, 22]

Для стимуляции корнеобразования культивируемых растений смородины черной *in vitro* оптимальные концентрации в питательной среде гормональных веществ ауксиновой природы: ИМК – 0,3...2,5 мг/л, ИУК – 0,5...1,0, ГК₃ – 0,1...1,0 мг/л. Возможно укоренение побегов на среде MS с 6-БАП. Критический размер для укоренения побегов смородины черной – 1...2 см. [4, 9, 16] Корнеобразование ускоряют ИУК (3 мг/л) или ИМК (1 мг/л), но с учетом сортовых особенностей. [1]

И.А. Райков для импульсной обработки неукоренившихся растений предлагает использовать ИМК с концентрацией в растворе от 5 до 5,7 мг/л способом обмакивания с последующей высадкой в субстрат, что увеличит выход укоренившихся растений. [21]

Для успешного укоренения микропобегов черной смородины С.А. Матушкин и Л.В. Ярмоленко рекомендуют среду Кворина-Лепуавра с разбавленным составом (1/2 QL), витаминами и хелатом железа. Индуктором ризогенеза служила ИМК (1,0 мг/л). С применением разбавленной среды (1/2 MS) была более низкая результативность укоренения микропобегов. [15]

Смородина черная может легко образовывать корни и на безгормональной среде, особенно при использовании крупных растений, поэтому на заключительном этапе культивирования *in vitro* возможно высаживать микрочеренки на разбавленную вдвое среду без ауксинов, с добавлением витаминно-минерального комплекса Компливит (2 г/л) для усиления ростовых процессов культуры. Но качество посадочного материала может быть неудовлетворительным, образуются единичные тонкие корни каллусного происхождения. [22]

Применяют два способа стимуляции корнеобразования: предварительная обработка микропобегов регуляторами роста с последующим культивированием на безгормональной среде и введение регулятора роста непосредственно в питательную среду для укоренения, при этом стимуляторы рекомендуются только на начальных этапах ризогенеза. [3, 4, 9, 28]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Альшевцева Л.И. Роль среды и регуляторов роста при микроразмножении черной смородины // Микроразмножение и оздоровление растений в промышленном плодоводстве и цветоводстве. Сб. научных трудов НИИ им. И.В. Мичурина. Мичуринск. 1989. С. 25–31.
2. Василейко М.В. Регуляторы роста растений и их применение в растениеводстве (литературный обзор) // Субтропическое и декоративное садоводство. 2021. № 76. С. 89–99.
3. Высоцкий В.А. Клональное микроразмножение плодовых растений и декоративных кустарников // Микроразмножение и оздоровление растений в промышленном плодоводстве и цветоводстве. Мичуринск, 1989. С. 3–8.
4. Головина Л.А., Ишмуратова М.М. Укоренение в культуре *in vitro* сортов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) башкирской селекции. Биомика. 2018. Т. 10(4). С. 332–335. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018- 42
5. Григорьева Л.В., Куликова Н.А., Гиченкова О.Г. Влияние регуляторов роста при микроклональном размножении смородины черной //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 50–55.
6. Гусева К.Ю. Использование клонального микроразмножения для получения посадочного материала смородины черной (*Ribes nigrum*) //Инновационные направления развития сибирского садоводства: наследие академиков М.А. Лисавенко, И.П. Калининой. 2018. С. 81–85.
7. Деменко В.И., Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Укоренение-ключевой этап размножения растений *in vitro* //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 1. С. 73–85.
8. Дерфлинг К. Гормоны растений : Систем. подход; Пер. с нем. Н.С. Гельман. М.: Мир, 1985. 303 с.
9. Ишмуратова М.М., Головина Л.А. Размножение сортов смородины черной (*Ribes nigrum* L.) башкирской селекции в культуре *in vitro* //Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2017. Т. 27. № 4.
10. Князева И.В., Сорокопудов В.Н., Сорокопудова О.А. Элементы оптимизации технологии сохранения смородины черной *in vitro* //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. №. 6 (159). С. 48–55.
11. Князева И.В., Сорокопудов В.Н., Сорокопудова О.А. Изучение последствий сохранения ягодных культур *in vitro* на процессы последующего клонального микроразмножения //Innovations in life sciences. 2020. С. 145–146.
12. Кухарчик Н.В. и др. Размножение плодовых растений в культуре *in vitro*. Минск: Беларуская навука. 2016. 208 с.
13. Лебедев А.А., Сквородников Д.Н. Оптимизация условий клонального микроразмножения *Ribes nigrum* L. (*Grossulariaceae*) // Разнообразие растительного мира. 2016. № 1 (7). С. 61–64.
14. Леонтьева-Орлова Л.Ф. Совершенствование метода клонального микроразмножения смородины и оценка размножения в нестерильных условиях // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. М. 1991. 22 с.
15. Матушкин С.А., Ярмоленко Л.В. Влияние минерального состава питательной среды на ризогенез ягодных культур *in vitro* //Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. №. 144-2.
16. Матушкин С.А. Влияние регуляторов роста на удлинение микропобегов сортов смородины черной //Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1-2.
17. Матушкина О.В., Пронина И.Н. Клональное микроразмножение плодовых и ягодных культур и перспективы его

- использования // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им И.В. Мичурина: сб. науч. тр. Тамбов, 2001. Т. 2. С. 103–115 5.
18. Матушкина О.В., Пронина И.Н., Ярмоленко Л.В., Матушкин С.А. Влияние регуляторов роста на индукцию адвентивного органогенеза у листовых эксплантов плодовых и ягодных культур *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. 48(1). С. 170–173.
 19. Методические рекомендации по использованию биотехнологических методов в работе с плодовыми, ягодными и декоративными культурами. Орел, ГНУ ВНИИСПК. 2005. 51 с.
 20. Райков И.А., Сквородников Д.Н., Сазонов Ф.Ф. Оптимизация размножения смородины черной в условиях *in vitro* // Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне России: Сб. науч. тр. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 30-летию Брянской ГСХА и 70-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки РФ, доктора с.-х. н., профессора В.Ф. Мальцева. 2010. С. 314–319.
 21. Райков И.А. Совершенствование клонального микро-размножения межвидовых форм смородины черной и малины ремонтантного типа // Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Брянск. 2012. 19 с.
 22. Сквородников Д.Н., Райков И.А. Некоторые аспекты использования цитокининов различной природы на этапе введения в культуру *in vitro* эксплантов черной смородины // Плодоводство и ягодоводство России. 2009. Т. XXII. № 2. С. 292–296.
 23. Субботина Н.С., Хорошкова Ю.В., Муратова С.А. Влияние ауксинов на ризогенез ежевики сортов Дирксен Торнлесс и Блэк Сэтин в культуре *in vitro* // Сб.: Научные инновации-аграрному производству: мат. Межд. науч.-практ. конф., посвященной. 2018. С. 933–938.
 24. Cárdenas M. J. S. Adaptación de protocolos de establecimiento *in vitro* de *Ribes rubrum* L., *Ribes nigrum* L., *Ribes uva-crispa* L.: дис. – Universidad Austral de Chile, 2016.
 25. Clapa D. et al. „*In vitro*” propagation of black currant ‘Perla Neagra’ and ‘Amurg’ cultivars // Scientific Papers of the Research Institute for Fruit Growing Pitesti, Romania. 2009.
 26. Dziedzic E., Jagła J. Micropropagation of *Rubus* and *Ribes* spp // Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants. Humana Press, Totowa, NJ, 2012. С. 149–160.
 27. Kucharska D. et al. Application of meta-topolin for improving micropropagation of gooseberry (*Ribes grossularia*) // Scientia Horticulturae. 2020. Т. 272. С. 109529.
 28. Ružić D., Lazić T. Micropropagation as means of rapid multiplication of newly developed blackberry and black currant cultivars // Agriculturae Conspectus Scientificus. 2006. Т. 71. № 4. С. 149–153.
 29. Sachryn I., Dziedzic E. Application of m-topolin and Led Technology for Blackcurrant Propagation in Cultures *in vitro* // Indian Horticulture Journal. 2018. Т. 8. № 2 and 3. С. 84–86.
 30. Sedlák J., Paprštein F. *In vitro* establishment and proliferation of red currant cultivars // Horticultural Science. 2012. Т. 39. № 1. С. 21–25.
 31. Vujović T., Ružić D., Cerović R. Improvement of *in vitro* micropropagation of black currant ‘Čačanska Crna’ // X International *Rubus* and *Ribes* Symposium 946. 2011. С. 123–128.
 32. Zaytseva Y.G., Ambros E.V., Novikova T.I. Meta-topolin: advantages and disadvantages for *in vitro* propagation // Meta-topolin: A Growth Regulator for Plant Biotechnology and Agriculture; Springer: Singapore. 2021. С. 119–141.
- ## REFERENCES
1. Al'shevceva L.I. Rol' sredi i regulatorov rosta pri mikrorazmnozhении chernoy smorodiny // Mikrorazmnozhение i ozdorovlenie rastenij v promyshlennom plodovodstve i cvetovodstve. Sb. nauchnyh trudov NII im. I.V. Michurina. Michurinsk. 1989. S. 25–31.
 2. Vasilejko M.V. Regulyatory rosta rastenij i ih primenenie v rastenievodstve (literaturnyj obzor) // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2021. № 76. S. 89–99.
 3. Vysockij V.A. Klonal'noe mikrorazmnozhение plodovyh rastenij i dekorativnyh kustarnikov // Mikrorazmnozhение i ozdorovlenie rastenij v promyshlennom plodovodstve i cvetovodstve. Michurinsk, 1989. S. 3–8.
 4. Golovina L.A., Ishmuratova M.M. Ukorenenie v kul'ture *in vitro* sortov smorodiny chernoy (*Ribes nigrum* L.) bashkirskoj selekcii. Biomika. 2018. Т.10 (4). S. 332–335. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2018- 42
 5. Grigor'eva L.V., Kulikova N.A., Gichenkova O.G. Vliyanie regulyatorov rosta pri mikroklonal'nom razmnozhении smorodiny chernoy // Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). S. 50–55.
 6. Guseva K.Yu. Ispol'zovanie klonal'nogo mikrorazmnozhения dlya polucheniya posadochnogo materiala smorodiny chernoy (*Ribes nigrum*) // Innovacionnye napravleniya razvitiya sibirskogo sadovodstva: nasledie akademikov M.A. Lisavenko, I.P. Kalininoj. 2018. S. 81–85.
 7. Demenko V.I., Lebedev V.G., Shestibratov K.A. Ukorenenie klyuchevoj etap razmnozhения rastenij *in vitro* // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2010. № 1. S. 73–85.
 8. Derfling K. Gormony rastenij : Sistem. podhod; Per. s nem. N.S. Gel'man. M.: Mir, 1985. 303 s.
 9. Ishmuratova M.M., Golovina L.A. Razmnozhение sortov smorodiny chernoy (*Ribes nigrum* L.) bashkirskoj selekcii v kul'ture *in vitro* // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Nauki o Zemle». 2017. Т. 27. № 4.
 10. Knyazeva I.V., Sorokopudov V.N., Sorokopudova O.A. Elementy optimizacii tekhnologii sohraneniya smorodiny chernoy *in vitro* // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 6 (159). S. 48–55.
 11. Knyazeva I.V., Sorokopudov V.N., Sorokopudova O.A. Izuchenie posledstvij sohraneniya yagodnyh kul'tur *in vitro* na processy posleduyushchego klonal'nogo mikrorazmnozhения // Innovations in life sciences. 2020. S. 145–146.
 12. Kuharchik N.V. i dr. Razmnozhение plodovyh rastenij v kul'ture *in vitro*. Minsk: Belaruskaya navuka. 2016. 208 s.
 13. Lebedev A.A., Skvorodnikov D.N. Optimizaciya uslovij klonal'nogo mikrorazmnozhения *Ribes nigrum* L. (*Grossulariaceae*) // Raznoobrazie rastitel'nogo mira. 2016. № 1 (7). S. 61–64.
 14. Leont'eva-Orlova L.F. Sovershenstvovanie metoda klonal'nogo mikrorazmnozhения smorodiny i ocenka razmnozhения v nesteril'nyh usloviyah // Avtoref. diss. kand. s.-h. nauk. M. 1991. 22 s.
 15. Matushkin S.A., Yarmolenko L.V. Vliyanie mineral'nogo sostava pitatel'noj sredi na rizogenez yagodnyh kul'tur *in vitro* // Sbornik nauchnyh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2017. №. 144–2.
 16. Matushkin S.A. Vliyanie regulyatorov rosta na udlinenie mikropobegov sortov smorodiny chernoy // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur. 2020. Т. 7. № 1–2.
 17. Matushkina O.B., Pronina I.N. Klonal'noe mikrorazmnozhение plodovyh i yagodnyh kul'tur i perspektivy ego ispol'zovaniya // Osnovnye itogi i perspektivy nauchnyh issledovanij VNIIS im I.V. Michurina: sb. nauch. tr. Tambov, 2001. Т. 2. S. 103–115 5.

18. Matushkina O.V., Pronina I.N., Yarmolenko L.V., Matushkin S.A. Vliyanie regulatorov rosta na indukciyu adventivnogo organogeneza u listovyh eksplantov plodovyh i yagodnyh kul'tur in vitro // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2017. 48(1). S. 170–173.
19. Metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniyu biotekhnologicheskikh metodov v rabote s plodovymi, yagodnymi i dekorativnymi kul'turami. Ortl, GNU VNIISPK. 2005. 51 s.
20. Rajkov I.A., Skovorodnikov D.N., Sazonov F.F. Optimizatsiya razmnozheniya smorodiny chernoy v usloviyah in vitro // *Biologizatsiya zemledeliya v Nechernozemnoj zone Rossii*: Sb. nauch. tr. Mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 30-letiyu Bryanskoj GSKHA i 70-letiyu so dnya rozhdeniya Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, doktora s.-h. n., profesora V.F. Mal'ceva. 2010. S. 314–319.
21. Rajkov I.A. Sovershenstvovanie klonal'nogo mikrorazmnozheniya mezhvidovyh form smorodiny chernoj i maliny remontantnogo tipa // *Avtoref. dis. ...kand. s.-h. nauk*. Bryansk. 2012. 19 s.
22. Skovorodnikov D.N., Rajkov I.A. Nekotorye aspekty ispol'zovaniya citokininov razlichnoj prirody na etape vvedeniya v kul'turu in vitro eksplantov chernoj smorodiny // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2009. T. XXII. № 2. S. 292–296.
23. Subbotina N.S., Horoshkova Yu.V., Muratova S.A. Vliyanie auksinov na rizogenez ezheviki sortov Dirksen Tornless i Blek Setin v kul'ture in vitro // *Sb.: Nauchnye innovacii-agrarnomu proizvodstvu: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konferencii, posvyashchennoj*. 2018. S. 933–938.
24. Cárdenas M. J. S. Adaptación de protocolos de establecimiento in vitro de *Ribes rubrum* L., *Ribes nigrum* L., *Ribes uva-crispa* L: dis. – Universidad Austral de Chile, 2016.
25. Clapa D. et al. „In vitro” propagation of black currant ‘Perla Neagra’ and ‘Amurg’ cultivars // *Scientific Papers of the Research Institute for Fruit Growing Pitesti, Romania*. 2009.
26. Dziedzic E., Jagła J. Micropropagation of *Rubus* and *Ribes* spp // *Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants*. Humana Press, Totowa, NJ, 2012. S. 149–160.
27. Kucharska D. et al. Application of meta-topolin for improving micropropagation of gooseberry (*Ribes grossularia*) // *Scientia Horticulturae*. 2020. T. 272. S. 109529.
28. Ružić D., Lazić T. Micropropagation as means of rapid multiplication of newly developed blackberry and black currant cultivars // *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2006. T. 71. № 4. S. 149–153.
29. Sachryn I., Dziedzic E. Application of m-topolin and Led Technology for Blackcurrant Propagation in Cultures in vitro // *Indian Horticulture Journal*. 2018. T. 8. № 2 and 3. S. 84–86.
30. Sedlák J., Paprštejn F. In vitro establishment and proliferation of red currant cultivars // *Horticultural Science*. 2012. T. 39. № 1. S. 21–25.
31. Vujović T., Ružić D., Cerović R. Improvement of in vitro micropropagation of black currant ‘Čačanska Crna’ // *X International Rubus and Ribes Symposium* 946. 2011. S. 123–128.
32. Zaytseva Y.G., Ambros E.V., Novikova T.I. Meta-topolin: advantages and disadvantages for in vitro propagation // *Meta-topolin: A Growth Regulator for Plant Biotechnology and Agriculture*; Springer: Singapore. 2021. S. 119–141.

Поступила в редакцию 04.08.2023

Принята к публикации 18.08.2023

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ АМБРОЗИИ ПОЛЫННОЛИСТНОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ В КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Ирина Мироновна Ханиева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0002-6415-5832

Алий Леонидович Бозиев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ахмед Русланович Саболиров, аспирант

Азамат Борисович Забаков, магистрант

Абдулкерим Назирович Джуртубаев, студент

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,

г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

E-mail: imhanieva@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по применению биопрепарата на основе амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) на посевах кукурузы. Двукратную обработку проводили по фазам роста 3–5 и 6–7 листьев в рассчитанных дозах с расходом рабочего раствора 300 л/га. Повторность – четырехкратная, размещение вариантов опыта рендомизированное. Площадь делянок – 50 м². Стимулятор роста растений на основе амброзии полыннолистной в качестве предпосевной обработки семян и листовых подкормок позволяет повысить урожайность гибридов кукурузы на 14–40%. В вариантах опыта, где изучали совместное использование органического удобрения Биогумус и стимулятора роста растений на основе амброзии (раствор 3), показатели качества были выше значений контрольного варианта на 1,6, 6,0, 1,5% (Ладожский 191 МВ); 3,2, 3,0, 3,8 (Краснодарский 196 МВ); 2,9, 5,9, 2,2 (Дарина МВ); 3,3, 6,2, 3,7% (Кубанский 250 МВ). В варианте с совместным применением органического удобрения Биогумус и стимулятора роста растений (раствор 3) условно-чистый доход снизился на 5400 руб., Биогумус + (раствор 4) – 7200 руб., относительно варианта опыта с раствором 1.

Ключевые слова: амброзия полыннолистная, продовольственная безопасность, Биогумус, кукуруза стимулятор роста, химический состав, биологически активные вещества

THE EFFECTIVENESS OF USING A PLANT GROWTH STIMULATOR BASED ON AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA WHEN GROWING CORN IN THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

I.M. Khanieva, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

A.L. Bozиеv, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*

A.R. Sabolirov, *PhD Student*

A.B. Zabakov, *Master Student*

A.N. Dzhurtubaev, *Student*

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

E-mail: imhanieva@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the use of a biological product based on ragweed, due to its chemical composition, on corn crops. Double treatment of corn crops with a plant growth stimulator based on ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) was carried out at growth phases of 3–5 and 6–7 leaves in calculated doses with a working solution consumption of 300 l/ha. The repetition in the experiments is 4-fold, the placement of the variants of the experiment is randomized. Plot area – 50 sq.m. The use of a plant growth stimulator based on ragweed as a pre-sowing treatment of seeds and foliar dressings can increase the yield of corn grain by 14–40%, depending on the corn hybrids studied in the experiment. On the variants of the experiment, where the combined use of organic fertilizer Biohumus and plant growth stimulator based on ragweed (solution 3) was studied, the above quality indicators were higher than the values of the control variant by 1.6; 6.0 and 1.5% – in the hybrid Ladoga 191 MV; at 3.2; 3.0 and 3.8% – Krasnodar 196 MV; by 2.9; 5.9 and 2.2% – Darina MV; at 3.3; 6.2 and 3.7% – Kuban. In the variant of the experiment with the joint use of organic fertilizer Biohumus and plant growth stimulator based on ragweed (solution 3), the value of the conditional income indicator decreased by 5400 rubles, according to the variant of the experiment with the joint use of organic fertilizer Biohumus and stimulant growth of plants based on ragweed (solution 4), the value of this indicator decreased by 7200 rubles, relative to the variant of the experiment with the combined use of organic fertilizer Biohumus and plant growth stimulator based on ragweed (solution 1).

Keywords: ragweed, food security, Biohumus, corn growth stimulator, chemical composition, biologically active substances

Одним из резервов увеличения и улучшения качественных показателей сельскохозяйственных культур служит разработка и совершенствование научных основ выращивания применительно к почвенно-климатическим условиям. При современной экономической оценке системы земледелия особое внимание уделяют альтернативным (биологические) методам ведения хозяйства, основанным на использовании органических

удобрений и стимуляторов роста отечественного происхождения, как решающего фактора в улучшении физико-химических и биологических показателей эффективного плодородия почвы.

Исследования ученых ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарского ГАУ амброзии полыннолистной в качестве источника биологически активных соединений позволяют одновременно решить социальную и экологи-

гическую задачу по целенаправленному уничтожению карантинного растения до фазы цветения и его применению в качестве биопрепарата.

Цель работы – найти способы получения и использования составов на основе амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) как стимулятора роста растений при выращивании кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – раннеспелые гибриды *Ладожский 191 МВ*, *Краснодарский 196 МВ*, *Дарина МВ*, *Кубанский 250 МВ* и стимулятор роста растений на основе амброзии полыннолистной со сроками выдержки от 10 до 30 дн.

Полевые опыты закладывали в 2021–2022 годах на территории учебно-производственного комбината ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Почва – выщелоченные черноземы. За вегетационный период был нормальный температурный режим и хорошая влажность.

Схема опыта.

Гибриды кукурузы (фактор А): *Ладожский 191 МВ* (стандарт), *Краснодарский 196 МВ*; *Дарина МВ*, *Кубанский 250 МВ*.

Биологическое удобрение (фактор В): Контроль (вода); Биогумус + стимулятор роста растений на основе амброзии полыннолистной (раствор 1); Биогумус + (раствор 2); Биогумус + (раствор 3); Биогумус + (раствор 4).

Предпосевную обработку семян проводили согласно схемы в рекомендуемых концентрациях: раствор № 1 – водный раствор (амброзия полыннолистная (10%) + салициловая кислота (0,3%)), полученный путем настаивания амброзии в течение 10 дн.; раствор № 2 – амброзия полыннолистная (10%) + салициловая кислота (0,3%), настаивание в течение 20 дн.; раствор № 3 – амброзия полыннолистная (10%) + салициловая кислота (0,3%), 30 дн.; раствор № 4 – амброзия полыннолистная (10%) + салициловая кислота (0,3%), 40 дн.

Двукратную обработку посевов кукурузы стимулятором роста растений осуществляли по фазам роста 3...5 и 6...7 листьев в рассчитанных дозах с расходом рабочего раствора 300 л/га.

Повторность – четырехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Площадь делянок – 50 м².

Полевые опыты сопровождалась лабораторно-полевыми наблюдениями и исследованиями. Агротехника общепринятая для данной зоны. [2, 3] Предшественник – горох.

Ростовые процессы изучали по шкале ВВСН – scale (*Zéa máys*). Площадь листьев определяли методом высечек, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза – по формуле Кидда, Веста и Бриггса. [6, 7] Почвенно-климатические условия зоны проведения исследований описывали по краткому почвенно-географический очерку. Фенологические и биометрические наблюдения за растениями, учет структуры урожая и урожайности зерна проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Учет урожая вели поделочно, в пересчете на стандартную влажность. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа двухфакторного эксперимента. [7]

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе лабораторных испытаний установлено, что предпосевная обработка стимулятором роста растений на основе амброзии увеличивает энергию прорастания семян гибридов кукурузы *Ладожский 191 МВ* на 10...17%, *Краснодарский 196 МВ* – 5...20, *Дарина МВ* – 8...30, *Кубанский 250 МВ* – 4...16% (табл. 1).

В среднем по всем изучаемым в опыте гибридам кукурузы максимального значения показатель лабораторной всхожести достиг в вариантах с совместным применением органического удобрения Биогумус + (раствор 2) – 98% и Биогумус + (раствор 3) – 96%, превысив контрольный вариант на 11 и 9% соответственно. Минимальная лабораторная всхожесть отмечена в контрольном варианте – 87%. Полевая всхожесть варьировала в зависимости от гибридов и дозировки стимулятора роста растений на основе амброзии в диапазоне от 60 до 76%. В лабораторных и полевых испытаниях совместное применение органического удобрения Биогумус + (раствор 1), Биогумус + (раствор 4), Биогумус + (раствор 3) и Биогумус + (раствор 2) существенно повлияло на показатели роста и развития растений.

Проростки кукурузы появились на 10...15 день в зависимости от гибрида и стимулятора роста. Самые ранние всходы зафиксированы в вариантах опыта с предпосевной обработкой семян, стимулятором роста растений на основе амброзии полыннолистной (раствор 2), полные всходы, на контроле – на 15...17 день.

Интенсивный темп роста наблюдали у растений гибрида *Кубанский 250 МВ* в варианте Биогумус + (раствор 1) и Биогумус + (раствор 2). Они обладали наибольшей вегетативной массой, высотой, числом листьев и площадью листовой поверхности.

Гибриды кукурузы *Дарина МВ* и *Ладожский 191 МВ* отличились менее значимыми показателями, минимальные были у *Краснодарского 196 МВ*.

По всем вариантам опыта растения, прошедшие предпосевную обработку стимулятором роста, превышали значения контроля на 18...27% (*Ладожский 191 МВ*); 4...6 (*Краснодарский 196 МВ*), 24...45 (*Дарина МВ*) и 17...29% (*Кубанский 250 МВ*).

Более высокие параметры показателей роста и развития растений обеспечили и увеличение урожайности зерна исследуемых гибридов. Наибольшая урожайность зерна у гибрида *Кубанский 250 МВ* (контроль – 6,78 т/га), Биогумус + (раствор 1) – 7,93, Биогумус + (раствор 2) – 7,84, Биогумус + (раствор 3) – 7,57 и Биогумус + (раствор 4) – 7,45 т/га (табл. 2).

Таким образом, применение стимулятора роста растений на основе амброзии полыннолистной в каче-

Таблица 1.
Влияние стимулятора роста растений на энергию прорастания и всхожесть семян гибридов кукурузы

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %
Контроль (вода)	58	87	60
Биогумус + (раствор 1)	61	92	72
Биогумус + (раствор 2)	67	98	76
Биогумус + (раствор 3)	64	96	74
Биогумус + (раствор 4)	65	93	73

Таблица 2.
Влияние стимулятора роста растений на урожайность зерна гибридов кукурузы, т/га

Вариант	Ладожский 191 МВ	Краснодарский 196 МВ	Дарина МВ	Кубанский 250 МВ
Контроль (вода)	5,13	4,99	5,54	6,78
Биогумус + (раствор 1)	6,14	5,46	6,49	7,93
Биогумус + (раствор 2)	6,67	5,65	6,58	7,84
Биогумус + (раствор 3)	5,96	5,58	6,39	7,57
Биогумус + (раствор 4)	5,78	5,41	6,27	7,45

стве предпосевной обработки семян и листовых подкормок позволяет повысить урожайность зерна гибридов кукурузы на 14...40%.

Прибавка к урожаю составила: со стимулятором роста по гибриду *Ладожский 191 МВ* – 0,65...1,54 т/га; *Краснодарский 196 МВ* – 0,42...0,66; *Дарина МВ* – 0,73...1,04, *Кубанский 250 МВ* – 0,67...1,15 т/га.

Анализ биохимического состава зерна представлен в таблице 3.

В вариантах, где изучали совместное применение органического удобрения Биогумус + (раствор 3), показатели качества были выше значений контроля на 1,6, 6,0 и 1,5% у гибрида *Ладожский 191 МВ*; 3,2, 3,0 и 3,8% – *Краснодарский 196 МВ*; 2,9, 5,9 и 2,2% – *Дарина МВ*; 3,3, 6,2 и 3,7% – *Кубанский 250 МВ* для обменной энергии, переваримого протеина и кормовых единиц соответственно.

При Биогумус + (раствор 2) и Биогумус + (раствор 4) показатели качества зерна были ниже относительно

Биогумус + (раствор 1) и Биогумус + (раствор 3) по содержанию обменной энергии, переваримого протеина и кормовых единиц, но выше значений контрольного варианта на 1,2, 4,3, 1,6% и 1,1, 3,1, 0,9% – *Ладожский 191 МВ*; 1,9, 1,5, 2,4% и 1,6, 0,8, 1,6% – *Краснодарский 196 МВ*; 1,6, 4,7, 1,6% и 1,1, 5,4, 0,8% – *Дарина МВ*; 1,9, 5,0, 2,3% и 2,8, 5,6, 2,3% – *Кубанский 250 МВ* соответственно.

Анализ данных по энергетической эффективности показал, что наибольший коэффициент энергетической эффективности в варианте Биогумус + (раствор 1) – 2,58 (*Кубанский 250 МВ*), наименьший в контроле – 1,58 у гибрида *Краснодарский 196 МВ* (табл. 4).

Доказано достоверное положительное влияние совместного применения органического удобрения Биогумус и стимулятора роста растений на основе амброзии полыннолистной при выращивании кукурузы на зерно у всех изучаемых гибридов. Прибавка к урожаю составила – 0,42...1,15 т/га, повышение чистого энергетического дохода – в 1,4...2,4 раза и снижение энергоемкости 1 т кукурузного зерна – на 6,0...26,0% относительно контроля.

Урожайность гибридов кукурузы и цены на момент проведения исследований в большей степени влияют на показатели экономической эффективности.

Максимальное значение условно-чистого дохода в рублях с 1 га достигнуто на посевах гибрида *Кубанский 250 МВ* (Биогумус + (раствор 1)) – 133950 руб. (табл. 5).

По итогам исследований установили лидерство гибрида *Кубанский 250 МВ* с самым высоким уровнем рентабельности – 188,1%, минимальный – у *Краснодарского 196 МВ* в контроле – 99,7%.

Таблица 3.

Влияние стимулятора роста растений на качественные показатели зерна кукурузы

Вариант	Сырой протеин, %	Сырая клетчатка, %	Сырой жир, %	Сырая зола, %	Кальций	Фосфор	БЭВ, %	Обменная энергия, МДЖ/кг	Переваримый протеин, г/кг	Кормовые единицы, кг/кг
<i>РОСС 145 МВ</i>										
Контроль (вода)	9,54	3,31	4,56	1,91	0,07	0,53	69,95	12,55	68,01	1,35
Биогумус + (раствор 1)	10,39	2,97	4,71	1,78	0,07	0,53	70,29	12,93	72,04	1,41
Биогумус + (раствор 2)	9,81	3,25	4,67	1,94	0,08	0,49	70,05	12,69	70,96	1,48
Биогумус + (раствор 3)	10,19	3,10	4,61	1,89	0,07	0,53	69,94	12,75	72,19	1,48
Биогумус + (раствор 4)	9,85	3,32	4,65	1,95	0,08	0,40	69,95	12,66	70,08	1,47
<i>Краснодарский 196 МВ</i>										
Контроль (вода)	9,35	3,73	4,34	2,12	0,09	0,48	69,71	12,23	67,91	1,43
Биогумус + (раствор 1)	9,98	3,01	4,65	1,88	0,08	0,51	70,41	12,83	70,92	1,49
Биогумус + (раствор 2)	9,72	3,48	4,49	1,91	0,09	0,47	69,92	12,53	68,85	1,46
Биогумус + (раствор 3)	9,98	3,20	4,59	1,93	0,08	0,41	70,18	12,61	69,92	1,48
Биогумус + (раствор 4)	9,64	3,56	4,49	1,91	0,09	0,48	69,87	12,49	68,36	1,45
<i>Дарина МВ</i>										
Контроль (вода)	9,49	3,29	4,61	1,93	0,07	0,53	70,28	12,64	68,53	1,47
Биогумус + (раствор 1)	10,41	2,83	4,86	1,77	0,06	0,57	70,46	12,98	73,23	1,52
Биогумус + (раствор 2)	10,08	2,98	4,72	1,87	0,07	0,54	70,21	12,83	71,66	1,49
Биогумус + (раствор 3)	10,31	2,81	4,81	1,79	0,06	0,57	70,37	12,91	72,56	1,41
Биогумус + (раствор 4)	10,16	3,11	4,77	1,89	0,07	0,54	70,11	12,77	72,19	1,48
<i>Кубанский 250 МВ</i>										
Контроль (вода)	9,55	3,32	4,63	1,97	0,07	0,56	70,31	12,67	68,62	1,47
Биогумус + (раствор 1)	10,55	2,88	4,98	1,78	0,06	0,57	70,54	13,16	73,61	1,53
Биогумус + (раствор 2)	10,16	3,93	4,82	1,67	0,07	0,55	70,25	12,89	71,96	1,49
Биогумус + (раствор 3)	10,38	2,94	4,93	1,81	0,06	0,57	70,52	12,98	72,88	1,52
Биогумус + (раствор 4)	10,28	2,93	4,89	1,81	0,06	0,56	70,61	13,22	72,37	1,51

Таблица 4.

Влияние стимулятора роста растений на коэффициент энергетической эффективности выращивания кукурузы

Вариант	Ладожский 191 МВ	Краснодарский 196 МВ	Дарина МВ	Кубанский 250 МВ
Контроль (вода)	1,66	1,58	1,81	2,26
Биогумус + (раствор 1)	1,97	1,87	2,22	2,70
Биогумус + (раствор 2)	2,22	1,79	2,21	2,63
Биогумус + (раствор 3)	1,98	1,78	2,17	2,58
Биогумус + (раствор 4)	1,81	1,69	2,00	2,55

Таблица 5.

Влияние стимулятора роста растений на показатели экономической эффективности выращивания гибридов кукурузы

Сорт	Вариант	Урожайность, т/га	Производственные затраты, тыс. руб./га	Стоимость валовой продукции, руб.	Условно чистый доход с 1 га, руб.	Уровень рентабельности, %
Ладожский 191 МВ	Контроль (вода)	6,13	45000	91950	46950	104,3
	Биогумус + (раствор 1)	7,14	46500	107100	60600	130,3
	Биогумус + (раствор 2)	7,67	46500	115050	68550	147,4
	Биогумус + (раствор 3)	6,96	46500	104400	57900	124,5
	Биогумус + (раствор 4)	6,78	46500	101700	55200	118,7
Краснодарский 196 МВ	Контроль (вода)	5,99	45000	89850	44850	99,7
	Биогумус + (раствор 1)	6,46	46500	96900	50400	108,4
	Биогумус + (раствор 2)	6,65	46500	99750	53250	114,5
	Биогумус + (раствор 3)	6,58	46500	98700	52200	112,2
	Биогумус + (раствор 4)	6,41	46500	96150	49650	106,8
Дарина МВ	Контроль (вода)	6,54	45000	98100	53100	118,0
	Биогумус + (раствор 1)	7,49	46500	112350	65850	141,6
	Биогумус + (раствор 2)	7,58	46500	113700	67200	144,5
	Биогумус + (раствор 3)	7,39	46500	110850	64350	138,4
	Биогумус + (раствор 4)	7,27	46500	109050	62550	134,5
Кубанский 250 МВ	Контроль (вода)	7,78	45000	116700	71700	159,3
	Биогумус + (раствор 1)	8,93	46500	133950	87450	188,1
	Биогумус + (раствор 2)	8,84	46500	132600	86100	185,2
	Биогумус + (раствор 3)	8,57	46500	128550	82050	176,5
	Биогумус + (раствор 4)	8,45	46500	126750	80250	172,6

Выводы. Применение стимулятора роста растений на основе амброзии полыннолистной при предпосевной обработке семян и двукратном опрыскивании вегетирующих растений кукурузы совместно с органическим удобрением Биогумус способствует улучшению показателей роста, развития растений кукурузы, повышению продуктивности посевов и качественных показателей зерна.

В рамках адаптивной технологии выращивания кукурузы для реализации потенциально заложенных возможностей продуктивности гибридов и получения зерна высокого качества, сохранения и восполнения плодородия на выщелоченном черноземе предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики рекомендуем возделывать раннеспелые сорта *Дарина МВ* и *Кубанский 250 МВ*, использовать предпосевную обработку семян раствором 2 (10 мл/т) и двукратную посевов в фазе 3...5 и 6...7 листьев водным раствором стимулятора роста растений на основе амброзии полыннолистной (раствор 2), 40 мл/га.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350, [1] с.: ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-903034-96-3 (в пер.).

2. Жеруков Б.Х., Ханиева И.М., Ханиев М.Х. и др. Способ предпосевной обработки семян люцерны // Патент на изобретение RU 2479974 C1, 27.04.2013. Заявка № 2011147966/13 от 24.11.2011.

3. Жеруков Б.Х., Ханиева И.М., Ханиев Р.Р., Бекузарова С.А. Способ приготовления состава для предпосевной обработки семян кукурузы // Патент на изобретение RU 2524360 C1. 27.07.2014. Заявка № 2012154746/13 от 17.12.2012.

4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: [В 7 вып.] / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сельск. хоз-ва СССР. М.: Колос, 1971. 22 с.

5. Ханиева И.М. Бекузарова С.А., Апажев А.К. Биоэнергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур и расчет экономической эффективности внесения удобрений. Нальчик, 2019. 251 с.

6. Ханиева И.М., Забаков А.Б., Коков Т.А. Инновационные способы получения и применения стимулятора роста растений на основе амброзии полыннолистной // В сб.: Правовое регулирование охраны природной среды и обеспечение экологической безопасности. Сборник материалов Всерос. науч.-практ. конф. Махачкала, 2022. С. 82–87.

7. <https://www.politicheagricole.it/Flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCHengl2001.pdf>

REFERENCES

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. Izd. 6-e, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g. M. : Al'yans, 2011. 350, [1] s.: il., tabl.; 22 sm.; ISBN 978-5-903034-96-3 (v per.).
2. Zherukov B.H., Hanieva I.M., Haniev M.H. i dr. Sposob predposevnoj obrabotki semyan lyucerny // Patent na izobretenie RU 2479974 C1, 27.04.2013. Zayavka № 2011147966/13 ot 24.11.2011.
3. Zherukov B.H., Hanieva I.M., Haniev R.R., Bekuzarova S.A. Sposob prigotovleniya sostava dlya predposevnoj obrabotki semyan kukuruzy // Patent na izobretenie RU 2524360 C1. 27.07.2014. Zayavka № 2012154746/13 ot 17.12.2012.
4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur: [V 7 vyp.] / Gos. komis. po sortoispytaniyu s.-h. kul'tur pri M-ve sel'sk. hoz-va SSSR. M. : Kolos, 1971. 22 s.
5. Hanieva I.M., Bekuzarova S.A., Apazhev A.K. Bioenergeticheskaya ocenka tekhnologij vozdeystviya sel'skohozyajstvennyh kul'tur i raschet ekonomicheskoy effektivnosti vneseniya udobrenij. Nal'chik, 2019. 251 s.
6. Hanieva I.M., Zabakov A.B., Kokov T.A. Innovacionnye sposoby polucheniya i primeneniya stimulyatora rosta rastenij na osnove ambrozii polynolistnoj // V sb.: Pravovoe regulirovanie ohrany prirodnoj sredy i obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti. Sb. mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. Mahachkala, 2022. S. 82–87.
7. <https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCheng12001.pdf>

Поступила в редакцию 07.09.2023

Принята к публикации 21.09.2023

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ ПОСЛЕ ПОЗДНОУБИРАЕМЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ПРИ ЭНЕРГОАКОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЧВЫ В ИРРИГАЦИОННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Гасан Никувеч Гасанов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Раджаб Замилэфендиевич Усманов², доктор биологических наук, профессор
Магомед Расулович Мусаев¹, доктор биологических наук, профессор
Муслим Гайирбегович Абдулнатипов¹, кандидат технических наук

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

²ФГНУ Дагестанский государственный федеральный исследовательский центр РАН (ДФИЦ РАН),
г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: nikuevich@mail.ru

Аннотация. Исследования провели в «Агрофирме Чох» Гунибского района в Кизильюртовской зоне отгонного животноводства Республики Дагестан на светло-каштановой почве. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,77%, P₂O₅ – 2,21, K₂O – 32,8 мг/100 г почвы, плотность – 1,24 г/см³, наименьшая влагоемкость (НВ) слоя почвы 0–0,6 м – 29,2%. Изучили влияние предшественников кукурузы: подсолнечника и самой кукурузы при основной обработке почвы на базе вспашки на глубину 28–30 см без предплужников и с ними. За осенний период после уборки предшественников почву не обрабатывали, а весной при наступлении ее физической спелости в слое 0–15 см провели по две обработки дисковыми лушпильниками для измельчения растительных остатков и вспашку на 28–30 см плугом ПЛН-4-35. Установили, что радикальный способ снижения засоренности посевов кукурузы и повышения ее урожайности в орошаемых условиях Западного Прикаспия при размещении после позднеубираемых предшественников, включая повторные посева на том же поле, – основная обработка почвы и влагозарядковый полив весной в год посева. Для измельчения растительной массы, оставшейся после уборки предшественника, перед вспашкой следует двукратно обрабатывать почву дисковыми орудиями. При этом используют предплужники, обеспечивающие равномерное распределение семян сорняков в поверхностном слое и их одновременное прорастание в более поздние сроки, чем при вспашке без предплужников. В последующем их жизнедеятельность ограничивается вегетирующими растениями кукурузы. Засоренность посевов при такой обработке почвы снижается в три раза, урожайность кукурузы по предшественнику кукуруза повышается на 1,12 т/га зерна (16,3%), подсолнечник – 1,32 т/га (17,8%).

Ключевые слова: Республика Дагестан, кукуруза, урожайность, почва, вспашка, сорняк, ирригационный ландшафт

METHOD OF CORN CONTAMINATION DECREASING AFTER LATER HARVESTING PREDECESSORS UNDER ENERGY-STORAGE SOIL MAINTENANCE SYSTEM IN IRRIGATION LANDSCAPES

G.N. Gasanov^{1,2}, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*
R.Z. Usmanov², *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*
M.R. Musaev¹, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*
M.G. Abdulnatipov¹, *PhD in Engineering Sciences*

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

²FGFUN Dagestan State Federal Research Center RAS (DFRC RAS), Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: nikuevich@mail.ru

Abstract. The research was carried out at Agrofirma Chokh of the Gunibsky district in the Kizilyurt transhumance zone of the Republic of Dagestan on light chestnut soil. The humus content in the arable layer is 2.77%, P₂O₅ – 2.21, K₂O – 32.8 mg/100 g of soil, the density of the arable layer is 1.24 g/cm³, the lowest moisture capacity (MC) of the soil layer 0–0.6 m is 29.2%. We studied the influence of two corn predecessors: sunflower and corn itself during the main tillage for corn based on plowing to a depth of 28–30 cm without skimmers and with skimmers. During the autumn period, after harvesting the predecessors, the soil was not cultivated, and in the spring, upon the onset of its physical ripeness, two treatments were carried out in a layer of 0–15 cm with disk cultivators to crush the plant residues of the previous crop and plowing to 28–30 cm with a PLN-4-35 plow when physical ripeness of the soil in this layer. It has been established that a radical way to reduce the weediness of corn crops and increase its yield in the irrigated conditions of the Western Caspian region when placed after late-harvested predecessors, including repeated sowings in the same field, is to carry out basic tillage and moisture-recharging irrigation in the spring of the year of sowing. To chop the plant mass remaining after harvesting the predecessor, double processing with disc implements should be carried out before plowing. Plowing is carried out with skimmers, which ensure uniform distribution of weed seeds in the surface layer and their simultaneous germination at a later date than when plowing without skimmers. Subsequently, their life activity is limited to vegetative corn plants. The infestation of corn crops with such soil treatment is reduced three times, the corn yield for the predecessor corn increases by 1.12 t/ha of grain (16.3%), after sunflower – 1.32 t/ha (17.8%).

Keywords: Republic of Dagestan, corn, yield, soil, plowing, weeds, irrigation landscape

Кукуруза относится к культурам, требовательным к плодородию почвы, особенно к ее плотности и степени засоленности. Для достижения высоких урожаев ее необходимо размещать на почвах плотностью пахотного слоя 1,25 г/см³ и менее, в то же время незасоленных, слабо- и средnezасоленных, не превышающих 2,8 мг-экв. ионов Cl⁻¹ и 2,5 мг-экв. SO₄⁺² при сульфатно-хлоридном и хлоридно-сульфатном типе засоления 2,7 и 7,0 мг-экв. соответственно. [3] Почв с такими водно-физическими и химическими показателями в орошаемых районах Дагестана можно считать не более 65...70 тыс. га. Для эффективного использования на них выращивают, в первую очередь, урожайную культуру – кукурузу, причем несколько лет подряд, или после подсолнечника, который, предпочитает плодородные почвы. Но урожайность ее после указанного предшественника или кукурузы повторных посевов на том же поле снижается из-за высокой засоренности. [4, 6]

Засоренность можно уменьшить с помощью гербицидов, но они вредны для человека и окружающей среды, а известные механические приемы борьбы недостаточно эффективны. [1, 7] При орошении бороться с сорняками после первого вегетационного полива практически невозможно не только в рядах, но и междурядьях культуры, так как исключается использование существующих тракторов и почвообрабатывающих машин в высокорослых посевах кукурузы. Д.У. Магомедов, Г.Н. Гасанов, А.А. Айтемиров предлагают перенести основную обработку почвы и допосевной полив вместо осеннего срока на весенний. [4] При этом, период прохождения физиологической зрелости семян сорняков в поверхностном слое почвы до посева кукурузы сокращается до 1...3 недель. За это время они не успевают пройти физиологическое дозревание, а появившиеся в последующем немногочисленные всходы не создают конкуренции посевам кукурузы. В случае зяблевой обработки и влагозарядки почвы в сентябре-октябре предыдущего года продолжительность этого периода увеличивается на 5...6 мес., находящиеся на поверхности почвы семена полностью проходят физиологическое дозревание, быстро прорастают, поэтому засоренность посевов оказывается более высокой, чем при весенних сроках вспашки.

При вспашке не весь поверхностный слой почвы заделывается на дно борозды, нижний выворачивается на поверхность почвы, как это происходит с использованием предплужников. Половина верхней части пласта почвы вместе с семенами сорняков и растительными остатками распределяется более или менее равномерно между всеми слоями пахотного горизонта. Поэтому на поверхности почвы в слое 0...3 см, откуда появляется большинство всходов сорняков, оказываются и такие семена, которые прошли физиологическое дозревание и дают дружные всходы. На необходимость доступа дневного света для прорастания семян сорных трав указывают и другие исследователи. [5]

Классик отечественного земледелия В.Р. Вильямс [2] считал основной целью проведения вспашки плугами с предплужниками выворачивание слоя почвы 15...30 см, восстановившего свою структуру, на поверхность, где будет проводиться посев сельскохозяйственных культур, а первой половины его,

потерявшего структурное состояние, – в нижнюю половину пахотного слоя для восстановления. После переоценки теории В.Р. Вильямса и появления новых данных о том, что плодородие почвы притерто к дневной поверхности (0...3 см), а высокие урожаи полевых культур можно получать и без восстановления структуры почвы [8], в научных организациях перестали рекомендовать предплужники при вспашке полей, а сельскохозяйственные предприятия в последние 40...50 лет полностью отказались от них. Другая причина отказа: корпуса плугов часто забиваются растительными остатками, большей частью соломой, тракторист вынужден останавливать работу пахотного агрегата, удалять накопившуюся массу вручную, теряя производительность. Ему легче убрать предплужники, перевыполнить дневное задание, хотя при этом не заделываются на дно борозды растительные остатки и семена сорняков, накопившиеся на поверхности почвы, особенно поздних яровых видов: щиряцы запрокинутой (*Amarantus retroflexus*), шетинника зеленого (*Setaria viridis*), проса куриного (*Echinochloa crus galli*), подмаренника цепкого (*Calium aparine*), редьки дикой (*Raphanus raphanistrum* L.), а также корневых систем многолетних сорняков – тростника обыкновенного (*Phragmites communis*), вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis*), осота полевого (*Sonchus arvensis*) и других.

Важно, чтобы все семена, поступающие с поверхности почвы на дно борозды, при вспашке располагались примерно на одинаковой глубине, следовательно, находились бы в одинаковых гидротермических условиях и степени освещенности, чтобы после вспашки, когда они окажутся на поверхности почвы, дали всходы в близкие друг к другу и более поздние сроки, чем культурные растения.

Цель работы – изучить способ снижения засоренности посевов кукурузы после поздноубираемых предшественников при энергонакопительной системе содержания почвы в районах орошаемого земледелия Западного Прикаспия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования провели в «Агрофирме Чох» Гунибского района в Кизильюртовской зоне оттонного животноводства Республики Дагестан на светло-каштановой почве. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,77%, P₂O₅ – 2,21, K₂O – 32,8 мг /100 г почвы, плотность пахотного слоя – 1,24 г/см³, наименьшая влагоемкость (НВ) слоя почвы 0...0,6 м – 29,2%. Изучили влияние двух предшественников кукурузы: подсолнечника и самой кукурузы при основной обработке почвы, вспашке на глубину 28...30 см без предплужников и с ними. За осенний период после уборки предшественников почву не обрабатывали, а весной в слое 0...15 см провели по две обработки дисковыми боронами для измельчения растительных остатков предшествующей культуры и вспашку на 28...30 см плугом ПЛН-4-35 с наступлением физической спелости почвы. После вспашки почву выравнивали малой-выравнивателем МВ-6 и поливали из расчета увлажнения слоя почвы 0...60 см по полосам с боковым пуском воды вручную, вегетационные поливы проводили по бороздам. Предпосевную обработку осуществляли тяжелыми зубовыми боронами при наступлении физической спелости почвы в слое 0...12 см, посев кукурузы – се-

менами гибрида РОСС-299, подсолнечника – сорта *ВНИИМК-8883*. Норма высева семян обеих культур – 72 тыс. сем./га. Удобрения под подсолнечник вносили из расчета $N_{90}P_{40}K_{90}$, в том числе $N_{40}P_{24}K_{74}$ под вспашку, $N_{16}P_{16}K_{16}$ – при посеве с семенами, N_{34} – в подкормку в фазе 5...6 листьев при нарезке борозд; под кукурузу – $N_{90}P_{40}K_{16}$, из которых $N_{40}P_{24}$ – под вспашку, $N_{16}P_{16}K_{16}$ – при посеве, N_{30} – в подкормку в фазе 3...5 листьев. Высевали кукурузу и подсолнечник в начале III декады мая.

Определяли содержание влаги в почве послойно до 0,6 м, плотность, структурно-агрегатный состав пахотного слоя, используя «Руководство по определению гидрологических свойств почвы» (РД-52.33.219.-2022), содержание питательных веществ в растительных остатках определяли по ГОСТ: N – P50465-964.93; P_2O_5 – 30502-97; K_2O – 26570-95, фенологические наблюдения, учеты засоренности и урожайности – по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Биометрические данные статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову.

Площадь учетной делянки – 100 м², повторность – четырехкратная.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно проведенным подсчетам, при вспашке без предплужников в верхней и нижней половинках пахотного слоя содержалось примерно одинаковое количество семян сорняков: соответственно 50,5 и 49,5% общего количества 454,2 тыс. шт./м², а при использовании предплужников в верхней половине – 41,0%, нижней – 59,0% (табл. 1).

Подсчет количества и массы сорняков перед основной обработкой почвы в фазе выметывания и при уборке урожая показал, что при вспашке без предплужников их число увеличивается непрерывно с 25 экз./м² (первый срок) в 1,9 и 2,5 раза соответственно в последующие сроки, с применением предплужников снижается с 26 экз./м² (первый подсчет) до 1,2 и 1,4 раз в два последующих срока. Масса сорняков в контрольном варианте с 19 г/м² при первом подсчете увеличилась до 60 г/м² (в 3,2 раза) к уборке урожая, а с предплужниками при вспашке почвы на всех сроках определения – 19...20 г/м² (табл. 2).

Из приведенных в таблице 2 данных видно, что использование предплужников способствует сосредоточению основной массы семян сорняков в верхней половине пахотного слоя, более позднему прорастанию их в поверхностном слое после вспашки из-за позднего наступления физиологической спелости семян.

Появившиеся в последующем всходы угнетаются вегетативной массой растений кукурузы, их количество снижается почти в три раза, сырая масса – 2,4 раза. Таким образом, вспашка плугами с предплужниками не только помогает восстанавливать структуру почвы, но и снижает засоренность посевов.

Последствие снижения количества и массы сорняков с использованием предплужников при весеннем сроке проведения основной обработки почвы (вспашка) и влагозарядкового полива – повышение урожайности кукурузы на 1,12 т/га зерна (16,3%) при посеве кукурузы повторно по кукурузе на зерно и на 1,32 т/га (17,8%) – после подсолнечника на семена (табл. 3).

Причина увеличения урожайности кукурузы по подсолнечнику – накопление большего количества растительной массы после его уборки (15,85 против 10,58 т/га), содержащее больше питательных элементов в запахиваемой в почву фитомассе этой культуры (N – 19,18 ц/га, P_2O_5 – 28,87, K_2O – 36,09 ц/га), по сравнению с растительной массой, которая поступает в почву после самой кукурузы. Улучшается общая пористость на 3,0%, пористость аэрации – 7,5, содержа-

Таблица 1.
Глубина расположения семян сорняков в пределах пахотного слоя светло-каштановой почвы при вспашке с предплужниками и без них по годам, тыс. шт./м²

Вспашка	Глубина, см	2016	2017	2018	Среднее	% к среднему в слое 0...30 см
Без предплужников	0...5	55,1	94,2	99,4	82,9	18,3
	5...10	64,3	61,2	77,8	67,8	15,0
	10...15	96,4	65,9	73,4	78,6	17,3
	15...20	65,2	47,8	77,8	63,6	14,0
	20...25	82,6	75,4	108,0	88,7	19,5
	25...30	54,7	94,2	69,1	72,7	16,0
С предплужниками	0...5	41,4	47,0	56,4	48,3	10,6
	5...10	73,6	56,4	73,7	67,9	14,9
	10...15	92,0	65,8	52,0	69,9	15,4
	15...20	69,0	75,2	56,4	66,9	14,7
	20...25	110,4	94,0	99,7	101,4	22,3
	25...30	115,0	89,3	95,4	99,9	22,0
	0...30	501,4	427,7	433,6	454,2	100,0

Таблица 2.
Количество всходов сорняков (шт./м²) и их сырая масса (г/м²) при вспашке светло-каштановой почвы с предплужниками и без них, 2016–2018 годы

Вспашка	Срок определения	Предшественник			
		кукуруза		подсолнечник	
		количество сорняков*	% к контролю	сырая масса сорняков*	% к контролю
Без предплужников	до предпосевной обработки почвы	25/19	100,0/100,0	27/20	100,0/100,0
	выметывание кукурузы	47/44	100,0/100,0	52/47	100,0/100,0
	уборка урожая кукурузы	63/60	100,0/100,0	66/56	100,0/100,0
С предплужниками	до предпосевной обработки почвы	26/20	100,8/105,2	25/18	92,6/90,0
	выметывание кукурузы	21/18	45,6/39,8	23/20	44,2/42,6
	уборка урожая кукурузы	18/19	15,0/17,6	20/18	30,3/32,1

Таблица 3.
Урожайность кукурузы по предшественникам при вспашке светло-каштановой почвы с предплужниками и без них по годам, т/га зерна

Вспашка	2016	2017	2018	Среднее	% к контролю
Кукуруза					
Без предплужников	6,41	7,12	7,10	6,88	100,0
С предплужниками	7,86	8,28	7,85	8,00	116,3
Подсолнечник					
Без предплужников	7,24	7,66	7,39	7,43	100,0
С предплужниками	8,63	8,84	8,77	8,75	117,8
НСР ₀₅	0,44	0,37	0,51		

ние наиболее ценных в агрономическом отношении агрегатов (0,25...10,0 м) – 7,2% и коэффициента структурности – 0,15. Рост урожайности кукурузы при этом происходит из-за увеличения зерен в початках на 8,4% (180 против 166 шт.), массы 1000 зерен – 5,3% (148,9 против 156,8 г), массы зерна с одного початка – 14,2% (282,2 против 247,2 г).

Выводы. Радикальным способом снижения засоренности посевов кукурузы и повышения ее урожайности в орошаемых условиях Западного Прикаспия при размещении после поздноубираемых предшественников, включая повторные посевы на том же поле, считается проведение основной обработки почвы и влагозарядкового полива весной в год посева. Для измельчения растительной массы, оставшейся после уборки предшественника, перед вспашкой следует провести двукратную обработку дисковыми орудиями. Вспахивают с предплужниками, обеспечивающими равномерное распределение семян сорняков в поверхностном слое и их одновременное прорастание. Засоренность посевов кукурузы при такой обработке почвы снижается в три раза, урожайность кукурузы по предшественнику кукуруза повышается на 1,12 т/га зерна (16,3%), после подсолнечника – 1,32 т/га (17,8%).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Власова О.И., Есаулко, А.Н., Шабалдас, О.Г. и др. Развитие системы обработки почвы на Ставрополье // Земледелие. 2022. № 8. С. 26–30.
2. Вильямс В.Р. Почвоведение // Земледелие с основами почвоведения. М.: Огиз – сельхозгиз, 1946. 556 с.

3. Гасанов Г.Н. Основы систем земледелия Западного Прикаспия. Махачкала: Даг. госсельхозакадемия, 2008. 262 с.
4. Магомедов Д.У., Гасанов Г.Н., Айтемиров А.А. Обработка почвы под кукурузу на орошаемых землях Дагестана // Земледелие. 2008. № 4. С. 33–34.
5. Мамин В.Ф. К вопросу фитомелиорации земель Волго-Ахтубинской поймы. Проблемы, пути их решения // Проблемы социально-экономического развития аридных территорий России.: сб. тр. Прикасп. НИИ аридного земледелия. М.: РАСХН. Т. 1. 2001. С. 204–210.
6. Несмеянова М.А., Дедов А.В., Коротких Е.В. Влияние приемов основной обработки почвы на ее плодородие, засоренность посевов и урожайность ячменя // Земледелие. 2022. № 4. С. 8–11.
7. Пургин Д.В. Усенко В.И., Кравченко В.И. и др. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации // Земледелие. 2019. № 8. С. 6–14.
8. Ревут И.Б. Вопросы теории обработки почвы // Вестник с.-х. науки, 1969. № 7. С. 13–20.

REFERENCES

1. Vlasova O.I., Esaulko, A.N., Shabaladas, O.G. i dr. Razvitie sistemy obrabotki pochvy na Stavropol'e // Zemledelie. 2022. № 8. S. 26–30.
2. Vil'yams V.R. Pochvovedenie // Zemledelie s osnovami pochvovedeniya. M.: Ogiz – sel'hozgiz, 1946. 556 s.
3. Gasanov G.N. Osnovy sistem zemledeliya Zapadnogo Prikaspiya. Mahachkala: Dag.gossel'hozakademiya, 2008. 262 s.
4. Magomedov D.U., Gasanov G.N., Ajtemirov A.A. Obrabotka pochvy pod kukuruzu na oroshaemyh zemlyah Dagestana // Zemledelie. 2008. № 4. S. 33–34.
5. Mamin V.F. K voprosu fitomelioracii zemel' Volgo-Ahtubinskoj pojmy. Problemy, puti ih resheniya // Problemy social'no-ekonomicheskogo razvitiya aridnyh territorij Rossii.: sb. tr. Prikasp. NII aridnogo zemledeliya. M.: RASKHN. T.1. 2001. S. 204–210.
6. Nesmeyanova M.A., Dedov A.V., Korotkih E.V. Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy na ee plodorodie, zasorennost' posevov i urozhajnost' yachmenya // Zemledelie. 2022. № 4. S. 8–11.
7. Purgin D.V. Usenko V.I., Kravchenko V.I. i dr. Formirovanie zasorennosti posevov v zernoparovom sevooborote v zavisimosti ot sposoba obrabotki pochvy i primeneniya sredstv himizacii // Zemledelie. 2019. № 8. S. 6–14.
8. Revut I.B. Voprosy teorii obrabotki pochvy // Vestnik s.-h. nauki, 1969. № 7. S. 13–20.

Поступила в редакцию 13.09.2023

Принята к публикации 27.09.2023

НОВЫЕ ЛИНИИ КАПУСТЫ ЦВЕТНОЙ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ СУХИХ СУБТРОПИКОВ ДАГЕСТАНА

Евгения Гусейновна Гаджимустапаева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Дагестанская опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр – Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,
с. Вавилово, Дербентский район, Россия
E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Аннотация. Капуста цветная *Brassica oleracea* L. convar. botrytis (L) Alef. var. botrytis – экономически важная и широко возделываемая овощная культура. Для решения задач по импортозамещению на первое место выходит обеспечение качественного сортового разнообразия капусты цветной для производителей сельхозпродукции в средней полосе России и Южном федеральном округе (ЮФО). Впервые проведена такая работа в условиях северных сухих субтропиков Южного Дагестана. На Дагестанской ОС – филиале ВИР в 2015–2022 годах исследовали линии от скрещивания двух сортов капусты цветной – скороспелого Ранняя грибовская 1355 и позднеспелого (озимая форма) Инса. В работе представлены результаты изучения 11 линий капусты цветной, предварительно выделенных по скороспелости, продуктивности и товарным качествам. Отобраны перспективные линии летне-осеннего периода выращивания для возделывания в Южном Дагестане. Стабильная скороспелость отмечена у линий капусты цветной 182/4 (121...150 сут.), 174/1 (121...154), 182/2 (124...154) и 177/4 (124...166 сут.), период массового формирования головок – 178/4; 192/4; 177/2; 177/3 (16...19 сут.), хорошие товарные качества и продуктивность – 178/4 (1,15 кг), 182/2 (1,15), 174/1 (0,98), 182/4 (0,94) и 177/3 (0,80 кг), средняя масса головок – 192/4 (0,73 кг), 177/2 (0,72) и 178/3 (0,65 кг).

Ключевые слова: Республика Дагестан, капуста цветная, линии, скороспелость, продуктивность, формирование головки, стабильность, семенная продуктивность

NEW LINES OF CAULIFLOWER FOR DAGESTAN NORTH ARID SUBTROPICS

E.G. Gadzhimustapaeva, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher
Dagestan Experimental Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center – All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov”, Vavilovo village, Derbent district, Russia
E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Abstract. Cauliflower *Brassica oleracea* L. convar. botrytis (L) Alef. var. botrytis is an economically important and widely cultivated vegetable crop. To solve the problems of import substitution, the first priority is to ensure high-quality varietal diversity of cauliflower for agricultural producers in central Russia and the Southern Federal District (SFD). For the first time, such work was carried out in the northern dry subtropics of Southern Dagestan. At the Dagestan ES (it is a branch of VIR), in 2015–2022 lines from crossing two varieties of cauliflower – the early ripening Early Gribovskaya 1355 and the late ripening (winter form) Inca were studied. The paper presents the results of 11 cauliflower lines study, previously identified by early maturity, productivity and commercial qualities. Promising lines of the summer-autumn growing period for cultivation in Southern Dagestan have been identified. Stable early maturity was noted in cauliflower lines 182/4 (121...150 days), 174/1 (121...154), 182/2 (124...154) and 177/4 (124...166 days), the period of mass formation heads – 178/4; 192/4; 177/2; 177/3 (16...19 days), good commercial qualities and productivity – 178/4 (1.15 kg), 182/2 (1.15), 174/1 (0.98), 182/4 (0.94) and 177/3 (0.80 kg), the average weight of the heads is 192/4 (0.73 kg), 177/2 (0.72) and 178/3 (0.65 kg).

Keywords: Republic of Dagestan, cauliflower, lines, precocity, productivity, head formation, stability, seed productivity

Овощеводство – основа продовольственного комплекса, отвечающего за полноценное питание человека. В различных регионах России выращивают более ста культур, относящихся к пятнадцати семействам.

Капуста цветная *Brassica oleracea* L. convar. botrytis (L.) Alef. var. botrytis обладает большой питательной ценностью и высокими вкусовыми качествами. [4, 7, 10]

В России, по данным FAOSTAT на 2021 год, общая площадь под разными видами капусты составляет 76800 га, цветной и брокколи – 2080 га. Объем производства последних (23,237 т) всего на 5...6% удовлетворяет потребность населения страны. Импортировано – 24,3 тыс. т. В мире по производству капусты цветной и брокколи ведущее место занимают Китай, Индия, США, Россия – на 54 месте.

Дагестан – один из регионов с благоприятными природно-климатическими условиями для выращи-

вания овощных культур, ведения семеноводства капусты белокочанной, цветной и брокколи. [3, 8, 9]

В мировой и отечественной селекции большое внимание уделяют генетической защите урожая от наиболее вредоносных болезней и насекомых. [6]

В Республике Дагестан почвенно-климатические условия позволяют получать раннюю и более позднюю, по сравнению с другими регионами России, овощную продукцию. Капусту можно выращивать круглый год. [2]

Эколого-географический фактор возделывания – широта и долгота зоны, высота над уровнем моря, направление господствующих ветров, растительный покров и тип почвы. [7]

Цель работы – изучить линии цветной капусты, предварительно выделенные по скороспелости, продуктивности и товарным качествам, в северных сухих субтропиках Южного Дагестана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На Дагестанской ОС – филиале ВИР в 2015–2022 годах исследовали линии от скрещивания двух сортов капусты цветной – скороспелого *Ранняя грибовская 1355* и позднеспелого (озимая форма) *Инса*. При обратном скрещивании семян не получено.

Семена линии F1 от скрещивания капусты цветной посеяли под урожай F2 при самоопылении растений. Проводили отбор до проявления стабильности полезных признаков (скороспелость, качество, окрас и масса головок, толщина кочерыги).

Всего получено и изучено 177 линий. По типу развития капусты были выделены группы озимой позднеспелой и летне-осенней ранней. Определены три группы спелости по формированию товарной головки. В популяции озимой культуры – 133 линии: скороспелые – 39, среднеспелые – 43, позднеспелые – 51. В летне-осенней культуре – 44 линии: скороспелые – 18, среднеспелые – 14, позднеспелые – 12.

От популяции второго поколения отобраны и заложены линии для дальнейшего исследования летне-осенней цветной капусты.

Площадь делянки – 28 м². Агротехника выращивания общепринятая для капустных культур в регионе. В 2016–2019 годах высевали семена в открытый грунт во II декаде августа. Высадили рассаду в III декаде сентября по 100 растений каждой линии.

Работу с 2019 по 2023 год проводили в соответствии с методическими указаниями, по 30 растений на площади 8,4 м².

Выделяли линии с сочетанием признаков родительских пар скороспелой *Ранняя грибовская 1355* и позднеспелой *Инса*, описывали сроки формирования головок, покрытие их внутренними листьями, качество товарной продукции, форму растения, цветение, завязываемость семян.

Важно выбрать наиболее благоприятные сроки посева для линий капусты различных групп спелости при возделывании их в разные периоды.

При фенологических наблюдениях учитывали дату посева, всходов, посадки (индивидуально по каждому растению), закладки соцветий, формирования товарной головки, качество, группу спелости, дату сбора урожая, параметры растения, головки, листовой пластинки, кочерыги. [1] Устанавливали новые соле- и морозостойчивые линии капусты цветной.

Данные статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову в программах Microsoft Excel и Statistika 5.5. [5]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Селекцию начинают с подбора, оценки и изучения исходного материала (родительские формы). Были выбраны скороспелые формы с высокой продуктивностью в данной экологической зоне.

Характеристика родительских форм

Сорт *Ранняя грибовская 1355* – сортотип *Эрфуртская ранняя*. Растения крупные, раскидистые, высокие, диаметр листовой розетки – 92...106 см, высота – 57...75, наружной кочерыги – 30...42 см.

Листья цельные сидячие, черешок среднеширокий – 3,2...4,7 см, толщина у основания – 0,9...1,1 см. Листовая пластинка крупная, длина – 43...64 см, ширина – 20...27 см, удлинненно-ланцетовидной фор-

мы, ложковидная, слабоморщинистая. Окраска листа зеленая, восковой налет слабой степени. Головка средней и крупной величины (высота – 10...14, диаметр – 15...20 см), округло-плоской формы (индекс – 0,59...0,71), плотная (3,9 балла), окраска кремовая, масса – 0,65...1,16 кг. Общая вегетативная масса – 2,10...3,60 кг. Сорт скороспелый (период вегетации – 125...162 сут.) с продолжительным периодом формирования головок.

Инса – сортотип *Поздняя белая*. Растения компактные, полураскидистые, высокие, диаметр листовой розетки – 55...80, высота – 40...62 см.

Листья лировидные, длина черешка – 9...17 см, ширина – 3,0...6,0, толщина у основания – 1,1...1,3 см. Листовая пластинка длиной 25...31, шириной 17...29 см, широкояйцевидной формы, обратно ложковидная, складчато-морщинистая, окраска темно-зеленая, восковой налет слабой степени.

Головки средние и крупные (высота – 11...15 см, диаметр – 15...20 см, округлой формы, поверхность округло-бугристая (индекс – 0,60...0,81), плотность – 4,0 балла, с хорошей самопокровной способностью, окраска белая, масса – 0,60...1,15 кг. Общая вегетативная масса – 2,50...4,00 кг. Сорт позднеспелый (период вегетации – 259...265 сут.) с массовым формированием головок.

В течение восьми лет проводили оценку потомства, по сравнению с родительскими парами (масса головок, скороспелость, высота и ширина растений, количество листьев и начало формирования головки, тип расположения листьев).

Растения 177 линий разделили на озимые (позднеспелые) и летне-осенние (скороспелые). Из них выделили три группы: скоро-, средне- и позднеспелые.

Растения линий позднеспелой группы – 178/3, 178/4, 192/4 и 215/1 успели сформировать головки на 100%, у 177/2, 178/3, 200/1 и 215/1 рано сформировавшиеся головки вымерзли 20–25 января 2022 года (табл.1.).

Таблица 1.
Агробиологическая оценка линий капусты цветной летне-осеннего типа, 2019–2022 годы

	Количество растений, шт.		Дата хозяйственной годности головок		
	высаженные	проанализированные	10%	50%	75%
174/1	30	21	12.12.	30.12.	14.01.
177/2	30	8	26.12.	14.01.	–*
177/3	30	8	26.12.	14.01.	31.01.
177/4	30	19	15.12.	14.01.	31.01.
178/3	30	30	20.12.	14.01.	–*
178/4	30	30	29.12.	14.01.	14.01.
182/2	30	25	15.12.	30.12.	14.01.
182/4	30	21	12.12.	26.12.	18.01.
192/4	30	30	14.01.	14.01.	14.01.
200/1	30	22	14.01.	31.01.	–*
215/1	30	30	31.12.	14.01.	–*
<i>Ариэль</i> (стандарт)	30	30	12.12.	30.12.	14.01.
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	30	30	23.11.	19.12.	21.01.

Примечание. * – головки подморожены в 2022 году. То же в табл. 4.

На растения позднеспелой группы влияет температурный фактор. У большинства сортов головка округлая, у линий 178/3 и 182/4 округло-плоская (табл. 2.).

Крупная масса головок у капусты пяти линий летне-осенней формы: 178/4 – 1,15 кг (1,05...1,25); 182/2 – 1,15 (0,94...1,36); 174/1 – 0,98 (0,81...1,15); 182/4 – 0,94 (0,78...1,10), 177/3 – 0,80 кг (0,71...0,89).

Средняя масса головок у линий 192/4 – 0,73 (0,66...0,80), 177/2 – 0,72 (0,63...0,81) и 178/3 – 0,65 (0,59...0,70) кг, стандарта *Ариэль* – 0,72 (0,50...0,94), родительской формы *Ранняя грибовская 1355* – 0,50 кг (0,31...0,69), низкая – 200/1 – 0,69 (0,33...0,62); 215/1 – 0,64 (0,46...0,82) и 177/4 – 0,58 кг (0,39...0,97).

Качество и плотность головок у линий высокая – 3,8...4,0 балла, только у 177/2 – 3,5, *Ариэль* и *Ранняя грибовская 1355* – 3,8 и 3,6 балла соответственно.

Морфологическая оценка розетки капусты цветной в летне-осенний период роста и развития, а также характеристика листовой пластинки у новых линий представлены в таблице 3.

Скороспелость – главное хозяйственно биологическое свойство капусты цветной, зависит от ее генотипа и условий выращивания.

В зависимости от срока наступления оптимальных условий для формирования головок, время наступления их хозяйственной годности различалось по годам у линий: 178/4 (138...154 сут.), 192/4 (138...154), 177/2 (135...169) и 177/3 (135...169 сут.) (табл. 4).

Дружным формированием головок отличились линии 178/4, 192/4, 177/2, 177/3 (16...19 сут.).

Скороспелые линии 174/1 (121...154 сут.), 182/4 (121...150), 182/2 (124...154) и 177/4 (124...166 сут.) характеризовались растянутым периодом формирования головок – 38, 29, 30 и 42 сут. соответственно.

У стандарта *Ариэль* хозяйственная годность и период формирования головок – 121...154 сут. и 33, родительской формы *Ранняя грибовская 1355* – 102...161 и 59 сут. соответственно. У выделившихся линий окрас головок кремовый и белый.

Обеспеченность сельхозтоваропроизводителей России и Республики Дагестан элитными семенами овощных культур, произведенными в регионе, – 3...5%. Потребность в собственном репродукционном посевном и посадочном материале по овощным культурам составляет 15%.

Для получения семян цветной капусты рекомендуется проводить вырезку центрального побега диаме-

Таблица 2. Характеристика и качество товарной головки у линий капусты цветной летне-осенней формы, 2019–2022 годы

Линия	Товарная головка, см			Индекс формы	Масса головки, кг		Плотность, балл
	h	d	форма		средняя	min...max	
174/1	11,5	15,2	округлая	0,76	0,98	0,81...1,15	3,9
177/2	10,5	14,9		0,70	0,72	0,63...0,81	3,5
177/3	9,8	14,5		0,67	0,80	0,71...0,89	4,0
177/4	10,4	14,2		0,73	0,58	0,39...0,97	3,8
178/3	10,1	15,2	округлая – плоская	0,66	0,65	0,59...0,70	4,0
178/4	12,6	16,8	округлая	0,75	1,15	1,05...1,25	4,0
182/2	12,8	17,3	округлая	0,74	1,15	0,94...1,36	4,0
182/4	11,4	18,1	округло-плоская	0,63	0,94	0,78...1,10	4,0
192/4	9,1	13,7	округлая	0,66	0,73	0,66...0,80	4,0
200/1	8,7	12,6		0,69	0,48	0,33...0,62	4,0
215/1	9,3	14,0		0,66	0,64	0,46...0,82	4,0
<i>Ариэль</i> (стандарт)	9,0	15,3	округло-плоская	0,58	0,72	0,50...0,94	3,8
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	8,8	13,5	округлая	0,65	0,50	0,31...0,69	3,6

Таблица 3. Морфологическая оценка розетки линий капусты цветной летне-осенней формы, 2019–2022 годы

Линия	Тип нижнего листа	Листовая пластинка			Черешок, см		
		длина	ширина	форма	длина	ширина	толщина
174/1	лировидный	28,6	24,3	яйцевидная	19,0	3,6	1,1
177/2		30,5	24,7		20,2	3,7	1,3
177/3		29,8	23,0		19,8	3,4	1,1
177/4		31,6	24,9		19,3	3,3	1,3
178/3	цельно сидячий	47,6	22,5	ланцетовидная	-	3,8	1,4
178/4	цельно сидячий	44,7	25,4	ланцетовидная	-	3,4	1,4
182/2	неясно лировидный	31,3	23,0	широко яйцевидная	27,9	4,1	1,6
182/4	лировидный	29,4	20,9	яйцевидная	28,6	3,7	1,7
192/4		34,0	26,2		19,9	2,8	1,3
200/1		32,8	20,0		18,1	3,1	1,2
215/1		35,2	26,1		25,0	3,7	1,5
<i>Ариэль</i>	цельно сидячий	56,3	22,6	ланцетовидная	-	4,3	1,2
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	лировидный, неясно лировидный	33,7	24,8	яйцевидная, ланцетовидная	13,5	3,6	1,4

тром 8...10 см в вершине головки, что дает интенсивное расхождение головок, раннее цветение, лучшее завязывание и созревание семян до наступления жары.

Нами выполнена работа по формированию семенного куста (см. рисунок, 3-я стр. обл.) капусты цветной, посев – II декада августа, посадка – III декада сентября. Рассада (6...7 листьев) перезимовала в удовлетворительном состоянии. Формирование головок (100%) отмечено 15 апреля (табл. 5.).

Скороспелость линий капусты цветной в летне-осенний период, 2019–2022 годы

Таблица 4.

Линия	Хозяйственная годность головок, сут.			Группа спелости	Формирование головок, сут.	Цвет головки
	10%	50%	75%			
174/1	121	139	154	ранняя	38	кремовый
177/2	135	154	169*	средняя	19	
177/3	135	154	169*	средняя	19	
177/4	124	154	166	ранняя	42	
178/3	129	154	169*	ранняя	25	
178/4	138	154	154	средняя	16	белый
182/2	124	139	154	ранняя	30	кремовый
182/4	121	135	150	ранняя	29	кремовый
192/4	138	154	154	средняя	16	белый
200/1	154	166	176	поздняя	22	
215/1	140	154	171	поздняя	31	
<i>Ариэль</i>	121	139	154	ранняя	33	оранжевый
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	102	128	161	поздняя	59	кремовый

Морфобиологическая характеристика линий капусты цветной в период формирования репродуктивных органов, 2019–2022 годы

Таблица 5.

Линия	Дата					Масса, г
	формирования головок на 100%	цветения		созревания	укося	
		единичное	массовое			
174/1	15.04.	08.05.	11.05.	03.07.	05.07.	93,8
177/2	15.04.	08.05.	11.05.	17.06.	21.06.	20,5*
177/3	15.04.	08.05.	11.05.	17.06.	20.06.	31,7*
177/4	15.04.	11.05.	25.05.	23.07.	29.07.	11,5
178/3	15.04.	08.05.	11.05.	01.07.	04.07.	113,8
178/4	15.04.	18.05.	21.05.	27.06.	09.07.	18,0*
182/2	15.04.	08.05.	11.05.	14.07.	18.07.	47,2
182/4	15.04.	08.05.	11.05.	15.07.	18.07.	39,1
192/4	15.04.	13.05.	19.05.	25.07.	29.07.	29,1*
200/1	15.04.	08.05.	11.05.	01.07.	04.07.	92,5
215/1	15.04.	08.05.	11.05.	05.07.	06.07.	69,7
<i>Ариэль</i>	25.03.	19.04.	25.04.	27.06.	03.07.	27,9
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	20.03.	13.04.	20.04.	23.06.	27.06.	13,6

Примечание. * – сегменты повреждены ветром.

Анализ растений семенников капусты цветной скороспелых линий, 2019–2022 годы

Таблица 6.

Показатель	Средние значения по годам			Общее среднее значение
	2019	2020	2021	
h растения, см	110	90	105	101,6
d растения, см	120	110	110	113,3
h стручка, см	7,3	6,5	5,5	6,4
d стручка, ср. см	0,35	0,36	0,35	0,35
Носик, мм	10,0	7,0	5,0	7,3
Черешок, см	1,4	1,1	1,5	1,3
Семян в стручке, шт.	17,0	15,4	15,1	15,8
Вес семян в стручке, мг	0,04	0,034	0,042	0,038
Общий вес семян одного растения, г	142,0	57,3	75,8	91,7

Стандарт *Ариэль* и родительская форма *Ранняя грибовская 1355* – раннеспелые сорта (25.03. и 20.03.), дата цветения растений – 19.04. и 13.04. соответственно.

Линии капусты цветной, по сравнению со стандартом и родительской формой, на три недели позже сформировали головки, это не повлияло на их семенную продуктивность. Высокая семенная продуктивность у линий: 178/3 (113,8 г), 174/1 (93,8), 200/1 (92,5), 215/1 (69,7) и 182/2 (47,2); у 177/2 (20,5 г), 177/3 (31,7), 178/4 (18,0) и 192/4 (29,1 г), часть растений повреждена ветром.

Для достоверности проводимых исследований выделены десять растений и брали по 30 шт. стручков среднего яруса.

Анализ растений семенников капусты цветной у скороспелых линий при осенне-зимнем сроке посадки выявил разные показатели (табл. 6).

Средние значения высоты и ширины растений по годам не отличались.

Выводы. В результате трехлетних исследований выделены перспективные линии летне-осеннего периода выращивания для возделывания в условиях северных сухих субтропиков Южного Дагестана.

Стабильная скороспелость отмечена у линий капусты цветной 182/4 (121...150 сут.), 174/1 (121...154), 182/2 (124...154) и 177/4 (124...166 сут.), период массового формирования головок – 178/4; 192/4; 177/2; 177/3 (16...19 сут.), хорошие товарные качества и продуктивность – 178/4 (1,15 кг), 182/2 (1,15), 174/1 (0,98), 182/4 (0,94) и 177/3 (0,80 кг), средняя масса головок – 192/4 (0,73 кг), 177/2 (0,72) и 178/3 (0,65 кг).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Боос Г.В., Джохадзе Т.И., Артемьева А.М. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции капусты. Л.: ВИР, 1988. 117 с.
2. Гаджимустапаева Е.Г. Перспектива новых гибридов капусты цветной и расширение зоны их возделывания в Дагестане // Аграрная Россия. 2014. № 12. С. 14–17.
3. Гаджимустапаева Е.Г. Продуктивность сортов и гибридов капусты цветной в зависимости от срока посева и высадки // Вестник РАСХН. 2018. № 5. С. 46–49.
4. Гаджимустапаева Е.Г. Цветная капуста (*Brassica Cauli flower* Litz.) – влияние площади питания на рост, развитие и урожайность // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 4 (12). С. 23–27.

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 416 с.
6. Королева С.В., Дякунчак С.А., Юрченко С.А. Создание гибридов F1 капусты белокочанной с комплексной устойчивостью на юге России // Овощи России. 2019. № 4. С. 16–20.
7. Лизгунова Т.В. Культурная флора «Капуста». Ленинград. «Колос», 1984. Т. XI. 328 с.
8. Пивоваров В.Ф. Селекция и семеноводства овощных культур). М., 2007. 310 с.
9. Сирота С.М., Бондарева Л.Л., Велиев К.Н. Выращивание семян капусты беспересадочным способом в условиях Дербентского района Республики Дагестан // Овощи России. № 4. С. 21–24.
10. Фатеев Д.А., Соловьева А.Е., Шеленга Т.В., Артемьева А.М. Комплексная биохимическая характеристика брокколи и цветной капусты // Овощи России. 2020. № 6. С. 108–115.
3. Gadzhimustapaeva E.G. Produktivnost' sortov i gibridov kapusty cvetnoj v zavisimosti ot sroka poseva i vysadki // Vestnik RASKHN. 2018. № 5. S. 46–49.
4. Gadzhimustapaeva E.G. Cvetnaya kapusta (Brassica Cauliflower Lizg.) – vliyanie ploshchadi pitaniya na rost, razvitie i urozhajnost' // Problemy razvitiya APK regiona. 2012. № 4 (12). S. 23–27.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Agropromizdat, 1985. 416 s.
6. Koroleva S.V., Dyakunchak S.A., Yurchenko S.A. Sozdanie gibridov F1 kapusty belokochannoj s kompleksnoj ustojchivost'yu na yuge Rossii // Ovoshchi Rossii. 2019. № 4. S. 16–20.
7. Lizgunova T.V. Kul'turnaya flora «Kapusta». Leningrad. «Kolos», 1984. T. XI. 328 s.
8. Pivovarov V.F. Selekcija i semenovodstva ovoshchnyh kul'tur). M., 2007. 310 s.
9. Sirota S.M., Bondareva L.L., Veliev K.N. Vyrashchivanie semyan kapusty besperesadochnym sposobom v usloviyah Derbentskogo rajona Respubliki Dagestan // Ovoshchi Rossii. № 4. S. 21–24.
10. Fateev D.A., Solov'eva A.E., Shelenga T.V., Artem'eva A.M. Kompleksnaya biohimicheskaya harakteristika brokkoli i cvetnoj kapusty // Ovoshchi Rossii. 2020. № 6. S. 108–115.

REFERENCES

1. Boos G.V., Dzhohadze T.I., Artem'eva A.M. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu mirovoj kollekcii kapusty. L.: VIR, 1988. 117s.
2. Gadzhimustapaeva E.G. Perspektiva novyh gibridov kapusty cvetnoj i rasshirenie zony ih vozdelevaniya v Dagestane // Agrarnaya Rossiya. 2014. № 12. S. 14–17.

Поступила в редакцию 17.10.2023

Принята к публикации 31.10.2023

ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО АПК В АСПЕКТЕ ТЕОРИИ СЛОЖНОСТИ

Виктор Александрович Панфилов, академик РАН

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

E-mail: vap@rgau-msha.ru

Аннотация. Статья посвящена проблемной области агропромышленного комплекса России – сложности формируемой совокупности технологий. В центре внимания находится теория сложности, реализуемая в рамках синергетики. Круг обсуждаемых вопросов включает: предпосылки для определения теории сложности в сельскохозяйственной науке; создание обобщенной концепции сложности технологий АПК; архитектуру сложности производящих, перерабатывающих и пищевых технологий как единого целого; особенности математического аппарата для моделирования технологических комплексов АПК; эмерджентный эффект, возникающий при взаимодействии разнородных технологий, имеющих единую цель; проектирование сложности соединяемых технологий; темп развития объединяемых технологий; технологические требования к выходным параметрам процессов по всей технологической цепочке; особенности проектирования сложных технологий с количественной оценкой уровня их сложности; рассмотрение технологической системы как объекта синергетики. Особое внимание уделено диалектическому развитию комплексов современных инновационных технологий как теоретической основе вхождения АПК России в Шестой технологический уклад.

Ключевые слова: теория сложности, синергетика, Шестой технологический уклад, архитектура сложности технологий, становление теории сложности технологий АПК

TECHNOLOGIES OF THE FUTURE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX IN THE ASPECT OF COMPLEXITY THEORY

V.A. Panfilov, Academician of the RAS

K.A. Timiyazev Russian State Agrarian University – MTAA, Moscow, Russia

E-mail: vap@rgau-msha.ru

Abstract. The article is devoted to the problem area of the Russian agro-industrial complex – the complexity of the emerging set of technologies. The focus is on complexity theory, implemented within the framework of synergetics. The range of issues discussed are includes: prerequisites for the formation of complexity theory in agricultural science; creation of a generalized concept of the agricultural technologies complexity; architecture of the complexity of production, processing and food technologies as a whole; features of the mathematical apparatus for modeling agro-industrial complex technological complexes; an emergent effect that arises from the interaction of heterogeneous technologies that have a common goal; designing the complexity of connected technologies; the pace of the combined technologies development; technological requirements for the output parameters of processes throughout the entire technological chain; features of the design of complex technologies with a quantitative assessment of their level of complexity; consideration of a complex technological system as an object of synergetics.

Particular attention was paid to the dialectical development of complexes of modern innovative technologies as the theoretical basis for the entry of the Russian agro-industrial complex into the Sixth technological order.

Keywords: complexity theory, synergetics, Sixth technological order, technology complexity architecture

Освоение Пятого технологического уклада и создание предпосылок для Шестого – приоритетные направления развития АПК России до конца XXI века. Современные инновационные технологии агропромышленного комплекса формируют новую проблемную область – сложность этих технологий, представляемая теорией сложности. [8]

Возникшие ранее парадигмы системного подхода и кибернетики не дают возможности исследователю установить закономерности сложной технологии производства продовольствия как органичного целого: от создания сельскохозяйственного сырья растительного и животного происхождения до готовых упакованных продуктов питания.

Теория сложности реализуется в рамках относительно новой междисциплинарной науки – синергетики. [3]

В основу статьи положены исследования ученых в области теории сложности: В.И. Аршинова, В.Г. Буданова, В.Э. Войцеховича, Е.Н. Князевой, К. Майнцера, Э. Морена, Г. Николиса, В.В. Орлова, И. Пригожина, Н.Решера, Я.И. Свирского и других.

Цель работы – показать особенности архитектуры и проектирования технологических систем будущего АПК как сложных целостных образований.

Сложность технологий как объективная реальность. Предпосылки для формирования теории сложности в сельскохозяйственной науке:

- множество биологических, биохимических, химических, физико-химических и физических процессов преобразования их входа в выход;
- большое количество связей материальных, энергетических и информационных между технологическими процессами;
- открытость процессов преобразования технологических сред для воздействия внешней среды;
- нестабильность выходов процессов преобразования технологических сред;
- нелинейность динамики функционирования технологических процессов;
- сложность совокупности технологий АПК как *сложность* производящих, перерабатывающих и пищевых технологий;

– необходимость формирования математического аппарата для моделирования сложной технологии, который сможет описать стохастичность ее процессов.

Требуется пересмотреть основания различных сельскохозяйственных наук для того, чтобы выйти на новую индустриализацию АПК. [14] Такой подход предполагает становление теории сложности технологий АПК как научной парадигмы, для которой характерны междисциплинарность и диалектические основания научных изысканий.

Сложные технологические системы состоят из различных взаимодействующих частей, обладающих в совокупности способностью порождать их новые качества в результате формирования временных, пространственных или функциональных структур. Каждая в отдельности технология АПК со временем усложнялась, а формы их взаимодействия оставались прежними. Поэтому сложность комплекса технологий долгое время не выступала в качестве самостоятельного предмета изучения.

Архитектура сложности технологий. Проблема сложности возникла в середине XX века, когда вследствие поиска новых, внутренних источников развития производства продуктов питания началось обновление технологий. Одним из решений проблемы развития АПК стало создание в 1985 году Госагропрома СССР объединившего сырьевую базу с перерабатывающей и пищевой промышленностями, что, однако не привело к единой технологии производства продовольствия. Сегодня поиск закономерностей процессов усложнения (сложные производящих, перерабатывающих и пищевых технологий в единое целое) ставит проблему организованной сложности.

В Пятом и Шестом технологических укладах феномен сложности станет определяющим фактором развития технологий АПК. Становящееся сложносистемное мышление повлияет на облик всей сельскохозяйственной науки.

Определение сложности системы тесно связано с понятием стохастичности, поскольку на технологии оказывает влияние внешняя среда. Сложность технологической системы АПК обусловлена уровнем ее организованности (целостность), позволяющем осуществлять необходимое управление. [1, 2]

Классическая сельскохозяйственная наука ограничивалась преимущественно линейными уравнениями. Они описывают процессы, идущие одинаково при разных внешних воздействиях. С увеличением их интенсивности изменения остаются количественными, новых качеств не возникает. Однако на практике исследователям приходится иметь дело с явлениями, где более интенсивное внешнее воздействие приводит к качественно новому поведению системы. Здесь нужны нелинейные математические модели. Это требует формирования широкого фронта исследований нелинейных явлений. Именно теория сложности поясняет, что сложное целое обладает свойствами, которых нет ни у одной из его частей. Нельзя утверждать, что целое сложнее части, оно совсем другое. [11]

Своеобразная архитектура сложности технологий АПК определяется не столько сложностью отдельных процессов преобразования сред, сколько *сложностью* разнородных технологий. Именно взаимодействие таких технологий (производящие, перерабатывающие и пищевые) порождает эмерджентный эффект,

который и должен быть положен в основу новой индустриализации АПК России. Сложные системы АПК, кроме технических или жестко детерминированных, могут эволюционировать за счет самоорганизации с участием человека.

Вопрос об оптимальной организации и упорядоченности сложных систем особенно остро стоит при исследовании глобальных проблем, к каким относится продовольственная безопасность России. В этом случае целесообразно действовать, опираясь на знания внутренних свойств сложной технологической системы (закономерности организации, функционирования и развития). Они формируют процессы сборки сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения из исходных ресурсов, сборки этой продукции на анатомические части и сборки из этих частей продуктов питания в соответствии с рецептурами.

Проектирование сложности технологий. В современных исследованиях феномен сложности технологий АПК должен рассматриваться через призму синергетики как науки о сложном. В научной и инженерной деятельности возникает качественно новый вид – синергетическое проектирование, направленное на создание сложных целостных технологических систем, которые отличаются значительным увеличением количества элементов и связей, их структурной организованностью. Окружающая среда рассматривается как особый элемент технологии и также становится объектом проектирования.

Основная закономерность проектирования сложного целого в АПК – синтез отдельных эволюционирующих технологий в одну сложную структуру посредством установления общего темпа их эволюции. Интенсивность процессов в различных отдельных технологиях сложной системы может быть разной, например, уровень механизации, автоматизации, информационное обеспечение, управляемость. Факт проектирования сложной технологии АПК означает, что в объединяемых технологиях устанавливается одинаковый темп развития технологических процессов. Тем самым ускоряется развитие тех технологий, которые интегрируются в сложную, и целое развивается быстрее составляющих его частей. Таким образом, технологиям АПК «выгоднее» быть в одной сложной системе, так как это связано с экономией материальных, энергетических и других ресурсов. Стержнем такого проектирования должны стать технологические требования к выходным параметрам процессов по всей технологической цепочке: от запросов потребителя продуктов питания до ресурсов производства сельскохозяйственного сырья. [7]

Наиболее перспективными в проектировании сложной технологической системы оказываются те сельскохозяйственные, перерабатывающие и пищевые технологии, функции которых соответствуют потребностям сложной системы в целом. То есть сложная система, специализируясь, положительно воздействует на организацию той ранее отдельной системы, чьи функции отвечают ее специализации. Вместе с этим взаимоусиление отдельных технологий обеспечивает необходимый уровень качества проектируемой сложной технологической системы.

Концепция проектирования сложной технологии должна стать новой парадигмой научных изысканий в

АПК в XXI веке. [6] Именно синергетические эффекты кооперативного действия в сложных системах приводят к изменению качества функционирования агропромышленного комплекса. Поэтому эффект взаимного усиления соединенных технологий приобретает особо важное значение.

Эта концепция формирует направления развития технологий АПК, которые определяются не столько прошлым и настоящим, сколько будущим, в частности устойчивыми состояниями процессов, что направляет эволюцию технологических систем к определенным целям.

Оценка сложности технологической системы. Несмотря на обилие отечественной и зарубежной литературы, посвященной сложности систем различной природы, ее количественная оценка пребывает в стадии становления. [13] Важно не определение абсолютной сложности, а установление сложности одной системы относительно другой или эталонной.

Целесообразно оценивать сложность системы S в соответствии с количеством, сложностью и разнообразием типов ее элементов (n) и связей (m). Сложность элемента i -го типа — $S_{эл.i}$, количество — $N_{эл.i}$. Аналогичные характеристики для связей составят соответственно $S_{св.j}$ и $N_{св.j}$.

Оценка сложности системы S может быть рассчитана следующим образом:

$$S = \sum_{i=1}^n S_{эл.i} \cdot N_{эл.i} + \sum_{j=1}^m S_{св.j} \cdot N_{св.j}. \quad (1)$$

Известно, что сложный антропогенный объект несет в себе отпечаток трудоемкости его создания. Поэтому сложность технологической системы схожа с трудоемкостью реализации ее процессов. Если допустить, что сложность процессов преобразования исходных ресурсов АПК в продукты питания достаточно тесно коррелирует со сложностью конструкций соответствующего оборудования, а также устройств, обеспечивающих различные связи в технологии, то можно воспользоваться известными величинами категорий ремонтной сложности этого оборудования и устройств. Категории разработаны для оборудования всех отраслей народного хозяйства и соответствуют действующим ГОСТам. [4, 5, 9, 12, 15]

Оборудование технологического потока — это машины, аппараты, биореакторы, конвейеры, электротехнические и сигнальные устройства. Категория сложности ремонта оборудования может стать мерой количественной оценки сложности совокупности технических решений задач соответствующей технологии как системы процессов.

Суммирование категорий сложности ремонта различного оборудования всего технологического потока определяет сложность конкретной технологии. Поэтому уравнение (1) примет вид:

$$S = \sum_{i=1}^n R_{эл.i} \cdot N_{эл.i} + \sum_{j=1}^m R_{св.j} \cdot N_{св.j}, \quad (2)$$

где $R_{эл.i}$ — категория сложности ремонта элемента i -го типа, $R_{св.j}$ — категория сложности ремонта связи j -го типа.

Величина сложности системы S позволяет сравнивать не только существующие, но и прогнозируемые разработки, выделяя наиболее сложные элементы и связи. Вместе с этим открывается окно новых технических решений технологических задач с заранее известной количественной оценкой их сложности.

Для инновационных технологий в АПК требуется новая методологическая база. Необходимо количественно оценивать уровень сложности технологической системы, который направляет дальнейшее развитие конкретной технологии.

Научным фундаментом прогнозных разработок технологий будущего должна стать синергетика (теория сложности). Количественная оценка сложности технологических систем как этап проектирования способствует формированию облика технологий АПК России в Шестом технологическом укладе.

Синергетика находится в русле материалистической диалектики и ее законов развития, которые существуют в эволюции технологий АПК. [10] Так как объединение сельскохозяйственных, перерабатывающих и пищевых технологий в сложные технологические системы неизбежно, с точки зрения синергетики, можно сделать заключение: во второй половине XXI века технологии агропромышленного комплекса будут представлять сложные системы процессов производства продовольствия, которые составят основу Шестого технологического уклада АПК России; планы изысканий научно-исследовательских институтов Отделения сельскохозяйственных наук РАН должны уже сегодня учитывать ожидаемые закономерности организации, строения, функционирования и развития технологий будущего как сложных, целостных образований; решение проблемы требует создания организационных и дидактических основ подготовки научных и инженерных кадров для разработки и реализации новой индустриализации АПК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. М.: ВЛАДОС, 1994. 336 с.
2. Атаманчук Г.В. Управление: философия, идеология, научное обеспечение. М.: Academia, 2015. 416 с.
3. Баранцев Р.Г. Синергетика в современном естествознании. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 160 с.
4. ГОСТ 28.001-83. Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения.
5. ГОСТ 18322-2016. Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
6. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Россия: XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука. М.: ЛЕНАНД, 2017. 304 с.
7. Мегердичев Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенных для различных видов консервирования. М.: Россельхозакадемия, 2003. 96 с.
8. Николис Г., Пригожин И. Познавание сложного: Введение. Пер. с англ. Изд. 5-е. М.: ЛЕНАНД, 2021. 352 с.
9. Панова А.В. Интеграция системы планово-предупредительных ремонтов в модель «Сельское хозяйство 4.0» // Сельское хозяйство. 2019. № 4. С. 40–49.
10. Панфилов В.А. Диалектика технологий агропромышленного комплекса России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 4–9.
11. Синергетика. Антология/ Научный редактор, составитель Е.Н. Князева. М.: СПб.: Центр гуманитарных инициатив, 2013. 408 с.
12. Сырых Н.Н., Чекрыгин С.А., Калмыков С.А. Техническое обслуживание электрооборудования в сельском хозяйстве. М.: Россельхозиздат, 1980. 224 с.

13. Трубецков Д.И. Наука о сложностях в лицах, датах и судьбах. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2018. 312 с.
14. Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. 284 с.
15. Яшура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. Справочник. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. 360 с.
7. Megerdichev E.Ya. Tekhnologicheskie trebovaniya k sortam ovoshchnyh i plodovyh kul'tur, prednaznachennyh dlya razlichnyh vidov konservirovaniya. M.: Rossel'hozakademiya, 2003. 96 s.
8. Nikolis G., Prigozhin I. Poznanie slozhnogo: Vvedenie. Per. s angl. Izd. 5-e. M.: LENAND, 2021. 352 s.
9. Panova A.V. Integraciya sistemy planovo- predupreditel'nyh remontov v model' «Sel'skoe hozyajstvo 4.0» // Sel'skoe hozyajstvo. 2019. № 4. S. 40–49.
10. Panfilov V.A. Dialektika tekhnologij agropromyshlennogo kompleksa Rossii // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 1. S. 4–9.
11. Sinergetika. Antologiya/ Nauchnyj redaktor, sostavitel' E.N. Knyazeva. M.: SPb.: Centr gumanitarnyh iniciativ, 2013. 408 s.
12. Syryh N.N., Chekrygin S.A., Kalmykov S.A. Tekhnicheskoe obsluzhivanie elektrooborudovaniya v sel'skom hozyajstve. M.: Rossel'hozdat, 1980. 224 s.
13. Trubeckov D.I. Nauka o slozhnostyah v licah, datah i sud'bah. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2018. 312 s.
14. Chernoiivanov V.I., Ezhevskij A.A., Fedorenko V.F. Mirovye tendencii mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya intellektual'nogo sel'skogo hozyajstva. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2012. 284 s.
15. Yashchura A.I. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta obshchepromyshlennogo oborudovaniya. Spravochnik. M.: Izd-vo NC ENAS, 2006. 360 s.

REFERENCES

1. Abdeev R.F. Filosofiya informacionnoj civilizacii. M.: VLA-DOS, 1994. 336 s.
2. Atamanchuk G.V. Upravlenie: filosofiya, ideologiya, nauchnoe obespechenie. M.: Academia, 2015. 416 s.
3. Barancev R.G. Sinergetika v sovremennom estestvoznanii. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. 160 s.
4. GOST 28.001-83. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Osnovnye polozheniya.
5. GOST 18322-2016. Mezhgosudarstvennyj standart. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Terminy i opredeleniya.
6. Ivanov V.V., Malineckij G.G. Rossiya: XXI vek. Strategiya proryva. Tekhnologii. Obrazovanie. Nauka. M.: LENAND, 2017. 304 s.

Поступила в редакцию 25.08.2023

Принята к публикации 08.09.2023

НЕЙРОСЕТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА УМНОЙ ФЕРМЕ

Игорь Николаевич Глухих, доктор технических наук, профессор

Алексей Сергеевич Прохoshин, руководитель проекта

Дмитрий Игоревич Глухих, аспирант

Татьяна Алексеевна Филатова, лаборант

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Россия

E-mail: i.n.glukhikh@utmn.ru

Аннотация. Создание умных ферм, в частности городских (city farm), в последние годы стало одной из тенденций развития как в агроинженерии, так и городском строительстве. Высокий уровень автоматизации существенно снижает степень участия человека в производственных процессах. В статье рассмотрены вопросы создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений для умной сельскохозяйственной фермы, в которых искусственные нейронные сети (ИНС) компьютерного зрения используют для обработки результатов наблюдений и распознавания ситуаций, требующих вмешательства человека. На примере городской фермы для выращивания земляники сформулирован ряд прикладных задач (обнаружение плодов с классификацией по степени зрелости, диагностика болезней, выявление столонов). Приведены результаты экспериментального исследования ИНС компьютерного зрения для этих задач. Методика включала использование предобученных нейросетевых моделей с их дообучением на собственных наборах изображений и последующей оценкой показателей точности обнаружения и классификации. Настроенные на подобные задачи нейросети в системах поддержки принятия решений дополняются алгоритмами, работающими с базами знаний и расчетно-логическими моделями. Таким образом, создается программно-аппаратный комплекс, который позволяет не только автоматизировать выполнение текущих бизнес-задач, но и рекомендовать решения при возникновении сложных ситуаций, требующих в обычных условиях от персонала большого профессионального опыта и знаний. Исследование провели на базе агробиотехкомплекса Тюменского государственного университета.

Ключевые слова: городская ферма, умная ферма, поддержка принятия решений, искусственный интеллект, компьютерное зрение, автоматизация, детекция плодов, земляника, обнаружение заболеваний растений

COMPUTER VISION NEURAL NETWORKS IN SUPPORT SYSTEMS FOR MAKING DECISION ON A SMART FARM

I.N. Glukhikh, Grand PhD in Engineering Sciences, Professor

A.S. Prokhoshin, Project Manager

D.I. Glukhikh, PhD Student

T.A. Filatova, Laboratory Assistant

University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: i.n.glukhikh@utmn.ru

Abstract. The creation of smart farms and urban farms (city farm) has become one of the development trends in recent years, both in agroengineering and in urban construction. A high level of automation significantly reduces the degree of human participation in the production processes of a smart farm. As a result, the requirements for the experience and professional knowledge in the field of agriculture of the owner and staff of such a farm are reduced. The article discusses the issues of creating intelligent decision support systems for a "smart" agricultural farm, in particular, for urban, city farms. In such systems, artificial neural networks (ANN) of computer vision are used to process the results of observations and recognize situations requiring human intervention. Using the example of an urban farm for growing strawberries, a number of applied tasks are formulated (detection of fruits classified by maturity, detection and classification of diseases, detection of stolons). The results of an experimental study of computer vision systems for these tasks are presented. The research methodology included the use of pre-trained neural network models with their additional training on their own sets of images and subsequent assessment of the accuracy of detection and classification. Neural networks configured for such tasks in decision support systems are complemented by algorithms working with knowledge bases and computational and logical models. Thus, a hardware and software complex is being created that allows not only to automate the execution of current business tasks, but also to recommend solutions in case of difficult situations that normally require a lot of professional experience and knowledge from the staff. The study was conducted on the basis of the agrobiotechnical complex of Tyumen State University.

Keywords: urban farm, smart farm, decision support, artificial intelligence, computer vision, automation, fruit detection, strawberries, detection of plant diseases

Создание умных ферм, в частности городских (city farm), в последние годы стало одной из тенденций развития в агроинженерии и городском строительстве. [2, 4, 6, 14] Умные городские фермы – высокотехнологичные комплексы, в которых автоматика контролирует производственные процессы, обеспечивает оптимальные параметры работы технологического оборудова-

ния, микроклимата, питательной среды для выращивания сельскохозяйственной продукции.

Высокий уровень автоматизации существенно снижает степень участия человека в производственных процессах. Как следствие, меняются требования к опыту и профессиональным знаниям в области сельского хозяйства владельца и персонала такой фермы.

Однако, несмотря на то, что автоматизированный комплекс решает самостоятельно многие производственные задачи, не исключается возникновение ситуаций, требующих квалифицированного вмешательства специалистов.

Возможные поломки оборудования, заболевания или вредители выращиваемых культур, изменение спроса на рынке и необходимость перестройки бизнес-процессов — эти и подобные им случаи требуют грамотных и своевременных решений, вызывая трудности в условиях отсутствия экспертов (агрономы, инженеры).

Дальнейшее развитие цифровых технологий для умных ферм связывают с повышением степени их интеллектуализации, что должно обеспечить помощь специалистам при поиске и принятии решений в сложных ситуациях, выходящих за рамки ежедневной производственной деятельности.

Возникает актуальная перспектива создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР), способных на основе наблюдений, сбора и обработки данных автоматически выявлять проблемы и предлагать экспертные рекомендации для действий. Исследования в области нейронных сетей и машинного обучения уже показали их возможности для отдельных задач наблюдения и оценки выращиваемой продукции — определение состояний и классификация растений, обнаружение заболеваний. [5, 9, 12]

Цель работы — исследовать возможности современных нейросетей компьютерного зрения для применения их в прикладных задачах поддержки принятия решений при эксплуатации умной фермы как компонентов общего процесса вывода решений в СППР.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вывод решений на основе прецедентов

Основой для проектирования базовых возможностей СППР выбран известный в области искусственного интеллекта метод вывода решений по прецедентам — Case-based-reasoning (CBR). [7]

Метод предполагает, что при возникновении события, требующего вмешательства человека, нужный вариант действий может быть найден в ранее собранной базе знаний (БЗ). Знания в БЗ — пары вида $\langle \text{Sit}, \text{Sol} \rangle$, где Sit — описание проблемной ситуации, Sol — решение, которое считается рациональным (известно из предыдущей практики или рекомендовано экспертами). Таким образом, если возникает проблема Sit_{act} , то в БЗ находится Sit^* , наиболее отвечающая заданным критериям схожести с Sit_{act} , и пользователю выдается связанное с ней решение Sol^* . В зависимости от степени детализации ситуаций и решений Sol^* может содержать в себе как некоторый набор рекомендаций, рецептов или справочных материалов, так и детальную программу действий. Процесс вывода решений в СППР умной фермы на основе CBR включает этапы: организация наблюдения за состоянием выращиваемой продукции; обнаружение нежелательного события (заболевание растений, появление вредителей и другое); уточнение контекста обнаруженного события или явления и формирование расширенного описания ситуации Sit_{act} с учетом предыстории наблюдений, состояний технологических систем, имеющихся ресурсов умной фермы; поиск в БЗ решения Sol^* для данной

Sit_{act} , и выдача его пользователям для непосредственного применения или в качестве справочного материала для выработки собственного решения.

Этапы наблюдения и обнаружения на умной ферме используют автоматическую обработку изображений и (или) видеоматериалов с помощью искусственных нейронных сетей. При этом в отличие от ранее проведенных исследований, где с помощью нейросети обнаруживают заболевания или вредителей, описанный алгоритм СППР позволяет не только выявить проблему, но и предложить для нее решение, в том числе, с учетом дополнительных условий и возможностей. Также доступно расширение функциональных возможностей СППР другими задачами, отвечающими бизнес-потребностям владельца умной фермы (оценка степени зрелости плодов, прогноз объема урожая с определением сортности (кондиция) продукции, подсчет завязей ягод и другое).

Подробно изучены вопросы формализации описания ситуаций, их сравнения и отбора для поиска решений на умной ферме с помощью CBR. [3] В данном исследовании мы рассмотрели задачи обнаружения и оценки, как компоненты начального этапа в процессах принятия решений. Приводим результаты работы нейронных сетей на примере выращивания земляники (обнаружение заболеваний и столонов, подсчет плодов с учетом их степени зрелости).

Исследование провели на базе материалов, оборудования и данных Агробиотехкомплекса Тюменского государственного университета. [1]

Нейросетевые модели

В работе использовали предобученные модели семейства YOLOv8 от разработчика Ultralytics. [13] Это комплекс моделей на основе общей архитектуры и алгоритмов, которые предназначены для задач обработки изображений и видеоматериалов. Речь идет о таких типовых задачах компьютерного зрения, как классификация, обнаружение или детекция (нахождение на изображении объектов заданных классов и выделение рамкой их координат), сегментация (поточечное выделение зон, соответствующих тому или иному объекту на изображении). Соответственно разработчиками предусмотрены классы моделей YOLOv8-cls, YOLOv8, YOLOv8-seg, в каждом из которых есть варианты, различные по своей сложности и числу параметров.

Предобученные модели YOLO способны решать задачи компьютерного зрения на больших объемах изображений универсального характера, то есть они не ориентированы на объекты некоторой узкой предметной области. Применение их для решения собственных задач требует дообучения моделей на своих данных, которые будут содержать изображения соответствующих объектов, в нашем случае, это изображения кустов и плодов земляники. Важный фактор — наличие достаточного числа примеров изображений, которые соответствуют тем условиям, в которых будет эксплуатироваться нейросетевая модель. Например, если для обучения нейросети брать изображения ягод на фоне поверхности стола, то в реальных условиях, когда нужно детектировать ягоды на кусте, модель будет выдавать большой процент ошибок.

Этапы общего процесса работы с нейросетевой моделью: постановка задачи в терминах компьютерного зрения (классификация, обнаружение или сегментация) и выбор предобученной модели из семейства

YOLO соответствующего класса; сбор данных; формирование и разметка обучающих данных (дата-сета); дообучение модели на новых наборах данных (изображения), то есть настройка на выполнение собственных задач; экспериментальная проверка модели и оценка применимости на собственном объекте, при необходимости, дообучение на новых данных и (или) оптимизация архитектуры модели.

Экспериментальное исследование выполнено для оценки точности обученных нейросетевых моделей. При обнаружении плодов, болезней, усов на изображении использовали известные метрики mAP50 и mAP50-95, которые применяют в задачах детекции, они учитывают правильность определения класса объекта и его границ на изображении, то есть координат рамки вокруг объекта. Первая показывает усредненную долю точности предсказаний по всем известным модели классам, вычисляемую с помощью отношения TP/(TP+FP), где TP – количество случаев правильного отнесения к данному классу, FP – ложного. При этом решение принимается, если степень совпадения предсказанной и фактической рамок вокруг объекта более порога 0,5. Вторая метрика учитывает изменение данного порога до 0,95, дополнительно усредняя найденные значения по шкале роста с шагом 0,05.

Наборы данных

Для обучения и тестирования моделей использовали наборы данных. [8, 11] Однако первый опыт их применения для решения наших задач выявил ряд недостатков. При попытке обнаружить плоды на собственном фото куста земляники часть из них не находилась и нередко выделялись области изображения, которые не содержали ягод.

Чтобы устранить недостатки дата-сеты были модернизированы: скорректирован набор и метки классов, для распознавания которых настраивалась обучаемая модель. Общий набор данных дополнили собственными снимками с местных сити-ферм.

Для проведения итоговых исследований сформировали три набора данных с размеченными фотографиями в соответствии с задачами (разрешение фото-изображений – от 640x480 до 3000x2000 пикселей) (см. таблицу).

В процессе обучения применяли расширение данных «на лету» средствами YOLOv8, то есть подаваемые на вход модели изображения предварительно подвергали математическим преобразованиям (изменение

пропорций, растяжение, сжатие, поворот изображений), и фактическое число обучающих изображений увеличивалось.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обнаружение заболеваний

Задача состоит в том, чтобы не только обнаружить болезни, но и классифицировать их. Выявление факта заболевания растения позволяет своевременно принять решения по мерам устранения проблемы – мероприятия по предотвращению распространения заболевания, а также лечению и регулированию состава питательного раствора и (или) микроклимата.

В экспериментах использовали модель, обученную на пяти классах заболеваний земляники: пятнистость листьев, точечная пятнистость листьев, антракноз ягоды, серая плесень на ягоде, мучнистая роса на ягоде.

На рисунке 1 (4-я стр. обл.) представлен результат работы обученной модели обнаружения заболеваний земляники. Видно, что модель не только выявляет заболевание, но и выделяет его рамкой. При этом выводится название заданного класса болезни и число, которое может трактоваться, как величина относительной (по сравнению с другими классами) степени уверенности модели в предложенном выводе. Нейросеть выдает то название, которое получило наибольшую степень уверенности.

После дообучения на своих данных детектирующая сеть YOLOv8 передает показатели точности (mAP50 = 0,76 и mAP50-95 = 0,52), которые соответствуют критериям качества этой модели в других аналогичных задачах и экспериментах.

Подсчет плодов с учетом их степени зрелости

Задача подсчета плодов земляники и учета степени их зрелости актуальна для корректировки состава питательного раствора и прогноза урожайности. Правильно подобранный состав питательного раствора влияет на форму и вкус плода. Учет во времени количества плодов разной степени зрелости позволяет оценить оптимальность состава питательного раствора и при необходимости скорректировать его.

Общий алгоритм включает этап детекции плода, классификации степени зрелости, подсчет плодов. Модель обучена на четырех классах спелости плода: зеленый, белый, созревающий, красный.

На рисунке 2 (4-я стр. обл.) представлен результат работы обученной модели (указываются наименование обнаруженного класса, границы объекта, относительный коэффициент уверенности вывода).

После обучения на своих данных детектирующая сеть YOLOv8 показала значения точности: mAP50 = 0,72 и mAP50-95 = 0,51.

Обнаружение усов (столоны)

Задача обнаружения столонов земляники актуальна для поддержания урожайности (рис. 3, 4-я стр. обл.) Столоны следует отрезать, так как растение переходит в стадию размножения, и часть его питания уходит на их развитие, что отрицательно влияет на количество и размер ягод.

После обучения на своих данных детектирующая сеть YOLOv8 показала значения точности: mAP50 = 0,74 и mAP50-95 = 0,49.

В контексте задач построения СППР результаты обработки изображений можно считать подтвержде-

Прикладные задачи и модели компьютерного зрения

Задача	Модель YOLO	Количество изображений	Количество классов
Обнаружение плода земляники с определением класса спелости	v8	350	4 зеленый, белый, созревающий, красный
Обнаружение заболеваний земляники с определением класса	v8-seg	2400	5 пятнистость листьев; точечная пятнистость листьев; антракноз ягоды; серая плесень на ягоде; мучнистая роса на ягоде.
Обнаружение столонов земляники	v8	200	1

нием возможностей применения нейросетей для выполнения ключевого этапа вывода решений — обнаружение событий или явлений, требующих вмешательства специалистов. Однако видно, что нейросети после их соответствующего обучения способны к генерации более обширных и детальных сведений, чем выявление факта болезни или иного нежелательного состояния выращиваемой продукции.

Достигнутые результаты по метрикам mAP соответствуют современным показателям точности для аналогичных задач классификации и детекции объектов на изображениях. [10] На практике это означает возможность достаточно точного выделения координат интересующего нас объекта. Может быть создана двухэтапная система подсчета — предсказательной оценки объемов выпускаемой сельскохозяйственной продукции, когда на первом этапе с помощью сложной детектирующей модели будут обнаруживаться плоды заданного класса зрелости, а потом с применением относительно простой сети-классификатора подсчитываться количество плодов, соответствующих заданным классам сортности (кондиция).

В проведенных экспериментах использовали изображения кустов и плодов земляники. Предложенные модели могут служить для организации наблюдения при выращивании и другой продукции умной фермы (томаты, огурцы). Принципиальным становится формирование процессов обучения нейросетевых моделей на соответствующих данных (примеры изображений). При этом эксперименты показали, что даже для современных предобученных нейросетей для повышения точности необходимо дообучение на примерах изображений со своей фермы в условиях, отвечающих ожидаемым при эксплуатации.

Выводы. В статье представлены результаты исследования возможностей нейросетевых моделей компьютерного зрения в системах поддержки принятия решений для персонала умной сельскохозяйственной фермы. Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности и целесообразности применения нейросетей при решении ряда прикладных задач, таких, как обнаружение и классификация заболеваний, степень зрелости плодов, прогноз объема выпускаемой продукции. Настроенные на подобные задачи нейросети в СППР дополняются алгоритмами, работающими с базами знаний и расчетно-логическими моделями. Таким образом, создается программно-аппаратный комплекс, который дает возможность не только автоматизировать выполнение текущих бизнес-задач, но и рекомендовать решения при возникновении сложных ситуаций, которые в обычных условиях требуют от персонала большого профессионального опыта и знаний. Новый уровень автоматизации и интеллектуализации умной фермы будет стимулировать рост этого направления сельскохозяйственной индустрии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агробιοтехкомплекс будущего создан в ТюмГУ. Электронный ресурс: [сайт]. — URL: <https://www.utmn.ru/x-bio/novosti/nauka-i-innovatsii/1182531/> (дата обращения: 26.10.2023).
2. Буторина Д.А., Ахтямов И.И. Объект городского фермерства как новое общественное пространство в современной России // Известия КГАСУ. 2022. № 4(62). С. 163–176. doi: 10.52409/20731523_2022_4_163. EDN: VTAGZC.

3. Глухих И.Н., Прохосин А.С., Глухих Д.И. Сравнение и отбор ситуаций в системах вывода решений на прецедентах для «умной» фермы // Информатика и автоматизация. 2023. Т. 22. № 4. С. 853–879. doi: 10.15622/ia.22.4.6.
4. Журавлева Л.А. Сити-фермерство как перспективное направление развития агропроизводства // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 4. С. 492–503. doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-492-503.
5. Махмудул Хасан А., Мд Ракиб Ул Ислам Р., Авинаш К. Классификация болезней листьев яблони с использованием набора данных изображений: подход многослойной сверточной нейронной сети // Информатика и автоматизация. 2022. Т. 21. № 4. С. 710–728. doi:10.15622/ia.21.4.3.
6. Руткин Н.М., Лагуткин О.Ю., Лагуткина Л.Ю. Урбанизированное агропроизводство (сити-фермерство) как перспективное направление развития мирового агропроизводства и способ повышения продовольственной безопасности городов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: рыбное хозяйство. 2017. Т. 2017. № 4. С. 95–108.
7. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. AI Communications. 2001. Vol. 7. PP. 39–59. doi:10.3233/AIC-1994-7104.
8. Afzaal U., Bhattarai B., Pandeya Y.R., Lee J. An Instance Segmentation Model for Strawberry Diseases Based on Mask R-CNN. Sensors. 2021, 21, 6565.
9. Bhujel A., Kim N.-E., Arulmozhi E., Basak J.K. et al. A Lightweight Attention-Based Convolutional Neural Networks for Tomato Leaf Disease Classification. Agriculture. 2022. № 12(2). P. 228. doi:10.3390/agriculture12020228. doi:10.3390/agriculture12020228.
10. Detection tasks / [Электронный ресурс] // Ультралитикс : [сайт]. — URL: <https://docs.ultralitics.com/tasks/detect/> (дата обращения: 26.10.2023).
11. Elhariri E., El-Bendary N., Saleh S.M., Strawberry-DS: Dataset of annotated strawberry fruits images with various developmental stages. Data in Brief. 2023. Vol. 48, 109165. doi:10.1016/j.dib.2023.109165.
12. Hu W.-C., Chen L.-B., Huang B.-K., Lin H.-M. A Computer Vision-Based Intelligent Fish Feeding System Using Deep Learning Techniques for Aquaculture. IEEE Sensors Journal. 2022. Vol. 22. № 7. PP. 7185–7194. doi: 10.1109/JSEN.2022.3151777.
13. Juan Terven, Diana Cordova-Esparza. A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 and Beyond. 2023. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.00501>.
14. Martin M., Molin E. Environmental Assessment of an Urban Vertical Hydroponic Farming System in Sweden // Sustainability. 2019. Vol. 11(15). № 4124. doi:10.3390/su11154124.

REFERENCES

1. Agrobiotekhnokompleks budushchego sozdan v TyumGU. Elektronnyj resurs: [sajt]. — URL: <https://www.utmn.ru/x-bio/novosti/nauka-i-innovatsii/1182531/> (data obrashcheniya: 26.10.2023).
2. Butorina D.A., Ahtyamov I.I. Ob'ekt gorodskogo fermerstva kak novoe obshchestvennoe prostranstvo v sovremennoj Rossii // Izvestiya KGASU. 2022. № 4(62). S. 163–176. doi: 10.52409/20731523_2022_4_163. EDN: VTAGZC.
3. Gluhih I.N., Prohoshin A.S., Gluhih D.I. Sravnenie i otbor situatsij v sistemah vyvoda reshenij na precedentah dlya «umnoj» fermy // Informatika i avtomatizatsiya. 2023. T. 22. № 4. S. 853–879. doi: 10.15622/ia.22.4.6.

4. Zhuravleva L.A. Siti-fermerstvo kak perspektivnoe napravlenie razvitiya agroproduktstva // Nauchnaya zhizn'. 2020. T. 15. № 4. S. 492–503. doi: 10.35679/1991-9476-2020-15-4-492-503.
5. Mahmudul Hasan A., Md Rakib Ul Islam R., Avinash K. Klasifikatsiya boleznej list'ev yabloni s ispol'zovaniem nabora dannykh izobrazhenij: podhod mnogoslojnoj svertochnoj nejronnoj seti // Informatika i avtomatizatsiya. 2022. T. 21. № 4. S. 710–728. doi:10.15622/ia.21.4.3.
6. Rutkin N.M., Lagutkin O.Yu., Lagutkina L.Yu. Urbanizirovanoe agroproduktstvo (siti-fermerstvo) kak perspektivnoe napravlenie razvitiya mirovogo agroproduktstva i sposob povysheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti gorodov// Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: rybnoe hozjajstvo. 2017. T. 2017. № 4. S. 95–108.
7. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. AI Communications. 2001. Vol. 7. PP. 39–59. doi:10.3233/AIC-1994-7104.
8. Afzaal U., Bhattarai B., Pandeya Y.R., Lee J. An Instance Segmentation Model for Strawberry Diseases Based on Mask R-CNN. Sensors. 2021, 21, 6565.
9. Bhujel A., Kim N.-E., Arulmozhi E., Basak J.K. et al. A Lightweight Attention-Based Convolutional Neural Networks for Tomato Leaf Disease Classification. Agriculture. 2022. № 12(2). P. 228. doi:10.3390/agriculture12020228. doi:10.3390/agriculture12020228.
10. Detection tasks / [Elektronnyj resurs] // Ul'tralitiks : [sajt]. – URL: <https://docs.ultralitics.com/tasks/detect/> (data obrashcheniya: 26.10.2023).
11. Elhariri E., El-Bendary N., Saleh S.M., Strawberry-DS: Dataset of annotated strawberry fruits images with various developmental stages. Data in Brief. 2023. Vol. 48, 109165. doi:10.1016/j.dib.2023.109165.
12. Hu W.-C., Chen L.-B., Huang B.-K., Lin H.-M. A Computer Vision-Based Intelligent Fish Feeding System Using Deep Learning Techniques for Aquaculture. IEEE Sensors Journal. 2022. Vol. 22. № 7. PP. 7185–7194. doi: 10.1109/JSEN.2022.3151777.
13. Juan Terven, Diana Cordova-Esparza. A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 and Beyond. 2023. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.00501>.
14. Martin M., Molin E. Environmental Assessment of an Urban Vertical Hydroponic Farming System in Sweden // Sustainability. 2019. Vol. 11(15). № 4124. doi:10.3390/su11154124.

Поступила в редакцию 28.10.2023

Принята к публикации 13.11.2023

ПЕРСПЕКТИВА СОСТАВЛЕНИЯ ПОЧВОУЛУЧШАЮЩЕЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ХЕМОАКТИВАЦИИ ИХ АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ

Анастасия Владимировна Ручкина, *старший преподаватель*

Роман Николаевич Ушаков, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор*

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Россия

E-mail: r.ushakov1971@mail.ru

Аннотация. Перспективное направление в агрохимии – составление почвоулучшающих смесей из местных, относительно дешевых природных ресурсов. Это фосфориты и приготовленная из них фосфоритная мука, известняк, доломиты, суглинки (вскрынная порода). Возможно повышение их агрохимической эффективности при использовании модифицирующих кислот, в частности азотной, для хемоактивации элементов питания с одновременным обогащением почвоулучшающих смесей азотом. Цель исследований – изучить хемоактивацию суглинка, фосфоритной муки азотной кислотой (56%) при составлении почвоулучшающей смеси (ПУУС). Работа выполнена по материалам лабораторных опытов. Хемоактивирующий эффект рассматривали на уровне отдельных компонентов. Это связано с отсутствием соответствующего ГОСТа на многокомпонентную смесь. Данные по химическому составу имеют приближенные значения, так как исключили влияние компонентов друг на друга, одномоментное действие на них азотной кислоты. Указано ориентировочное содержание основных агрохимических показателей ПУУС: общий азот – 9,0%, фосфор – 19, усвояемые и водорастворимые формы фосфора – 7,0 и 3,5% (ФМ + доломит + двукратная обработка HNO_3), общий калий – 0,2% (ориентировочно по покровному суглинку).

Ключевые слова: агросерая почва, азотная кислота, почвоулучшающая удобрительная смесь, хемоактивация, покровный суглинок

THE PROSPECT OF COMPILING A SOIL-IMPROVING MIXTURE BASED ON LOCAL NATURAL RESOURCES WITH THEIR CHEMICAL ACTIVATION WITH NITRIC ACID

A.V. Ruchkina, *Senior Lecturer*

R.N. Ushakov, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan, Russia

E-mail: r.ushakov1971@mail.ru

Abstract. In agrochemistry, a promising direction can be considered the preparation of soil-improving mixtures consisting of local, relatively cheap natural resources. These include phosphorites and phosphate rock prepared from them, limestone, dolomites, and can also include loam (overburden rock). One should expect an increase in their agrochemical efficiency when using modifying acids, in particular nitric acid, for the purpose of chemical activation (as a result of nitrate decomposition) of nutrients while simultaneously enriching soil-improving mixtures with nitrogen. The purpose of the research is to study the chemical activation of loam and phosphate rock with nitric acid (65%) when preparing a soil-improving mixture (SUMS). We proceeded from the composition of the PUUS with the ratio phosphate rock: dolomite: PS: nitric acid as 1:0.6:1:0.8. The work was carried out based on materials from laboratory experiments. In the experiments, the chemoactivating effect was considered at the level of individual components. This is due to the lack of appropriate GOST standards for a multicomponent mixture. Therefore, the data on the chemical composition have approximate values, because eliminated the influence of the components on each other and the immediate influence of nitric acid on them. However, it is possible to indicate the approximate values of the main agrochemical indicators of the PUUS: the content of total nitrogen 9,0%, total phosphorus – 19%, digestible and water-soluble forms of phosphorus 7,0 and 3,5% (according to the FM + dolomite + double treatment with HNO_3), total potassium 0,2% (approximately based on cover loam).

Keywords: agro-gray soil, nitric acid, soil-improving fertilizer mixture, chemical activation, cover loam

При необходимости максимального и эффективного использования местных ресурсов природного и антропогенного происхождения для частичной компенсации выноса с урожаем элементов питания некоторые авторы рекомендуют применять сточные воды. [4, 9, 14–16, 21]

Также пригодны органоминеральные удобрительные композиции на основе отходов деревообработки (осиновая кора) и минерального сырья (вермикулит). В опыте О.А. Ульяновой на черноземе обыкновенном было установлено повышение гумуса в почве, изменение его качественного состава. [20] Не снижается удобрительная эффективность при замене вермикулита на цеолит. [19] Цеолитсодержащие породы, активированные различными приемами переработки, используются в земледелии для улучшения физико-химических

и биологических свойств почвы, в растениеводстве – как высокоэффективные мелиоранты и удобрения. [2, 3, 11–13, 18, 22]

Почвоулучшающая смесь (ПУУС) должна состоять из компонентов с максимальной долей местных ресурсов (малые месторождения), например, сыромолотых (молотые) фосфоритов или фосфорной муки, извести (доломит). Один из эффективных вариантов разработки систем агрохимии – использование умеренных доз дорогостоящих минеральных удобрений с более дешевыми местными ресурсами в объеме малотоннажного производства. Вопросы улучшения усвояемости фосфора из фосфорной муки следует решать при приготовлении почвоулучшающих смесей с помощью хемоактивации. Многокомпонентность смесей оказывает мультиплицирующий эффект на почву.

Улучшить использование фосфора можно воздействием кислоты на стадии смешивания компонентов при получении почвоулучшающей смеси. В нашей стране солянокислым разложением фосфорита занимался академик С.И. Вольфович. [6] Одна из последних публикаций принадлежит С.Н. Андрианову и др., В.Н. Капанову. [1, 10] Авторы подвергли солянокислотному разложению Егорьевские фосфориты. Хемоактивация повысила их эффективность на почвах с кислой и нейтральной реакцией среды (рН – 7,1...7,5). Технологически получение активированного продукта возможно по цеховому принципу на малых месторождениях фосфоритов. При этом модифицирующие кислоты действуют одновременно на все компоненты – железо, кальций, калий. Наш выбор азотной кислоты обусловлен усилением азотного статуса почвоулучшающей смеси.

При разработке оптимальной технологической схемы получения удобрительной смеси, состоящей из покровного суглинка (вскрышная порода), доломита, фосфоритной муки (региональная сырьевая база) важно на стадии приготовления активизировать между ними химические процессы. Это обеспечит получение функционального, реакционноспособного продукта, с усилением его полезных свойств после внесения в почву. В этом случае можно ожидать как краткосрочные, так и долгосрочные эффекты от почвоулучшающей смеси.

Функциональность почвоулучшающей смеси – мобилизация в продукте агрохимических ресурсов, образование соединений, отличных от исходных, с хорошо выраженными удобрительными свойствами. Активатор процессов – азотная кислота.

Цель работы – изучить хемоактивацию суглинка, фосфоритной муки при составлении почвоулучшающей смеси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В составе ПУУС соотношение фосфоритной муки, доломита, ПС, азотной кислоты – 1:0,6:1:0,8. Активирующий потенциал азотной кислоты (концентрация 65%) исследовали в лабораторных опытах.

Опыт 1. Цель – изучить влияние азотной кислоты на покровный суглинок. Необходимо определить возможности закрепления суглинка азота, мобилизацию калия суглинка, некоторые его физико-химические показатели после обработки азотной кислотой.

Опыт 1.2. Цель – установить изменение гранулометрического состава и некоторых агрохимических свойств покровного суглинка при хемоактивации азотной кислотой (20 мл / 100 г). Схема: без обработки HNO_3 (контроль); с обработкой.

Для изучения степени мобильности нитратного азота смеси был заложен лабораторный опыт 2. Цель – определить содержание азота после взаимодействия ПУУС с почвой. Для этого ПУУС массой 1 и 5 г, обработанную азотной кислотой, смешивали с 40 мл дистиллированной воды и взбалтывали в течение минуты. Взвешенную суспензию добавляли к 80 г почвы с низким содержанием общего азота (0,03%).

Схема: 1. Отношение ПУУС к почве (1:80) – эквивалентной дозе азота 51 кг/га; 2. (5:80) – 255 кг/га.

Определяли рН водной вытяжки (ГОСТ 26423), рН солевой вытяжки (ГОСТ 26483), гидролитическую

кислотность (ГОСТ 26484), массовую долю общего азота (ГОСТ 58596-2019), нитраты – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86).

Опыт 3. Цель – изучить изменение нитратов в почве в зависимости от дозы ПУУС. Почвоулучшающую смесь массой 5, 10 и 30 г разбавили в объеме воды 40 мл (1-й цикл). Полученные фильтраты внесли в агросерую почву массой 100 г. После сушки определяли нитраты (ГОСТ 26951-86). К оставшейся почве после первого цикла разбавления еще раз добавили дистиллированную воду (40 мл) и повторили процедуру.

Схема: 1. первый цикл разбавления – 5 г ПУУС / 40 мл воды, второй – 5 г / 80 мл; 2. 10 г / 40 мл, 10 г / 80 мл; 3. 30 г / 40 мл, 30 г / 80 мл.

Дозы условные и выбраны для определения качественных особенностей поведения нитратов в системе ПУУС – почва. Исходные данные по нитратам (43 мг/кг) отражают контроль без ПУУС (первый цикл).

Содержание нитратов устанавливали ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86).

Опыт 4. В заключительной фазе получения ПУУС после добавления к фосфоритной муке (ФМ) и покровному суглинку доломита было решено обработать смесь азотной кислотой – 0,3 кг/1 кг ПУУС (25% объема добавляемой кислоты). Для того, чтобы изучить эффективность хемоактивации фосфоритной муки исключили покровный суглинок, так как его рассматривали отдельно. Несмотря на некоторую условность опыта, его результаты могут указывать на потенциальные эффекты.

Цель – изучить азотнокислородное разложение фосфатов фосфоритной муки с доломитом и без него. Определяли массовую долю азота (ГОСТ 3081.4), усвояемых (ГОСТ 20851.2) и водорастворимых фосфатов (ГОСТ 20851.2); фосфора – экстрагирующим раствором соляной кислоты молярной концентрацией 0,2 моль/дм³.

Фосфоритную муку с доломитом и без него обрабатывали азотной кислотой одно- и двукратно – 20 мл (28 г)/100 г материала. Время взаимодействия – 30 и 60 мин. Установлено, что за этот период CaO и P_2O_5 извлекаются практически полностью. [5] Далее к ФМ добавляли доломит (1:0,6). Предполагалось, что частично азотнокислородное разложение фосфоритной муки будет представлять первую фазу подготовки почвоулучшающей смеси.

Схема: 1. ФМ без HNO_3 (контроль 1); 2. ФМ + доломит без HNO_3 (контроль 2); 3. ФМ + однократная обработка HNO_3 ; 4. ФМ + доломит + однократная обработка HNO_3 ; 5. ФМ + доломит + двукратная обработка HNO_3 .

В случае двукратной обработки азотную кислоту добавляли сначала к ФМ, затем к смеси с ФМ и доломитом.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 показан исходный гранулометрический состав покровного суглинка (опыт 1.2). Он характеризуется невысоким содержанием песчаных частиц – 3,6%. Доля грубых, тонких и глинистых пылеватых частиц – 53,6, 14,5 и 28,3% соответственно. По В.В. Охотину, покровный суглинок классифицируется как тяжелый пылеватый. [17]

Азотная кислота, взаимодействуя с суглинком, видимо, частично разрушает глинистый компонент.

Таблица 1.

Гранулометрический состав покровного суглинка

Древес	Частицы, %								
	песчаные						пылеватые		глинистые
	грубо-зернистые	крупно-зернистые	средне-зернистые	мелко-зернистые	тонко-зернистые	грубые	тонкие		
до взаимодействия с кислотой									
0	0,1	0,5	0,6	1,0	1,4	53,6	14,5	28,3	
после взаимодействия с кислотой									
0	0,1	0,5	0,6	1,0	1,4	55,1	24,3	17,0	

Таблица 2.

Химическая характеристика ПУУС

Показатель	До хемоактивации (контроль)	После хемоактивации	Единицы измерения
Вода	7,3±0,4	9,5±0,5	%
Обменная кислотность	5,7±0,2	5,3±0,4	ед.
Актуальная кислотность	Не опр.	7,3±0,7	ед.
Нитратный азот	20±0,3	70132±30	мг/кг
Общий азот	0,1±0,01	2,7±0,4	%
Обменный калий	11,5±0,6	1250±13	мг/кг
Общий калий	0,2±0,01	0,20±0,02	%
Подвижный фосфор	20±0,4	76,0±3	мг/кг
Общий фосфор	0,03±0,01	0,45±0,07	%
Кальций	Не опр.	128,68±2	моль/100 г
Медь	Не опр.	8,8±0,9	мг/кг
Цинк	Не опр.	9,5±0,9	мг/кг
Емкость катионного обмена (ЕКО)	51±0,7	47,6±7,1	мг-экв/100 г
Обменный кальций	Не опр.	>36,0	ммоль/100 г
Подвижный магний	Не опр.	>12,0	ммоль/100 г

Этим можно объяснить уменьшение количества глинистых частиц на 11,3%, содержание пылеватых увеличилось. Прямые исследования о переходе некоторой части глинистого компонента в пылеватую фазу при воздействии азотной кислоты отсутствуют. Возможно, он обусловлен кислотным гидролизом минералов.

В таблице 2 приведена краткая химическая характеристика хемоактивированного покровного суглинка. Количество подвижного и общего калия при обработке покровного суглинка азотной кислотой увеличивается в 10,0 и 6,7 раз – с 115 до 1250 мг/кг и с 0,03 до 0,20% соответственно. В меньшей степени изменения коснулись подвижного фосфора (в 3,8 раза) – с 20 до 76 мг/кг. Содержание общего фосфора увеличилось в 15 раз – с 0,03 до 0,45%. Существенно повысилось ко-

личество нитратного и общего азота. Содержание валовой формы меди (8,9 мг/кг) и цинка (9,5 мг/кг) соответствовало ПДК.

Приведенные значения следует считать приближенными. Они отражают ожидаемые тенденции изменения активности элементов с ориентировочными количественными измерениями, так как суглинок для хемоактивирования использован в качестве самостоятельного компонента. Совместно с другими компонентами химический состав будет другим.

Удобрительный эффект (доступность) зависит от мобильности элемента. Этот показатель у азота определяли в почве после добавления раствора, полученного в результате взаимодействия ПУУС с водой (опыт 2).

Нитратный азот суглинка обладает высокой активностью. После кратковременного взаимодействия с водой (имитация почвенного раствора) мобильно трансформируется и закрепляется почвой. Содержание общего азота при условно-эквивалентной дозе 255 кг/га достоверно увеличилось, по сравнению с исходным уровнем (0,03%) в три раза, нитратного – более чем в 100 раз. Можно предположить, что сразу после посева культурных растений азот ПУУС будет доступным для культурных растений. Между вариантом с условно-эквивалентной дозой 51 кг/га и исходным содержанием различия были не достоверными. Использование ПУУС не привело к подкислению почвенного раствора агросерой почвы, а, наоборот, способствовало нейтрализации кислотности.

Поведение нитратов в системе ПУУС– почва изучили в третьем опыте. Исходные данные по нитратам (43 мг/кг) отражает контроль без ПУУС (первый цикл). После второго цикла разбавления содержание нитратов в контрольном варианте снизилось на 10 мг/кг (см. рисунок). Данные третьего опыта подтверждают результаты второго в отношении активной трансформации нитратного азота из ПУУС в раствор с последующим закреплением почвой.

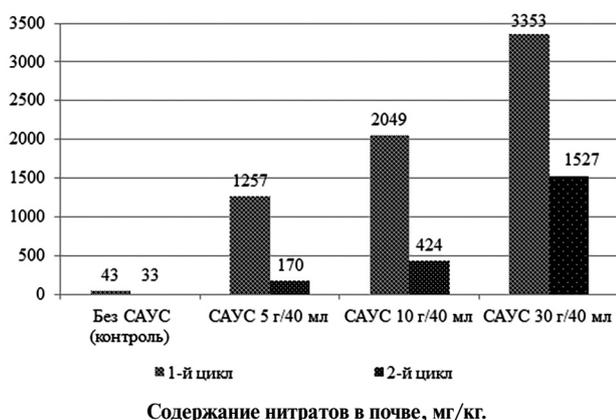
Содержание нитратов в почве находится в прямой зависимости от дозы (условная) удобрения как после первого, так и второго цикла разбавления, хотя характер изменения отличается. При увеличении условной дозы в два раза (с 5 до 10 г / 40 мл воды) после первого цикла разбавления содержание нитратов в почве увеличилось в 1,6 раза (2049/1257), в 6 раз (с 5 до 30) – в 2,7 раза. При этом достоверная зависимость содержания нитратов от условной дозы описывается логарифмическим уравнением. Аналогично после второго цикла разбавления – в 2,5 и 9,0 раза соответственно, зависимость проявляется по экспоненциальному и прямолинейному типам уравнения.

В пределах одной условной дозы ПУУС между циклами различия по содержанию нитратов в почве составили: в 7,4 раза для 5 г / 40 мл; в 4,8 – 10 г / 40 мл,

Таблица 3.

Содержание азота и кислотность агросерой почвы при использовании ПУУС (модельный подход)

Вариант	Исходный N-NO ₃ в почве, мг/кг	Исходный общий азот в почве, %	Опыт 2			
			Общий азот, %	pH вод.	pH сол.	Гидролитическая кислотность, моль/100 г
Условно-эквивалентная доза азота 51 кг/га	24,7	0,03	0,050±0,005	5,75±0,1	5,23±0,1	2,15±0,03
Условно-эквивалентная доза азота 255 кг/га	24,7	0,03	0,095±0,005	6,10±0,1	6,10±0,1	1,69±0,015



в 2,2 – 30 г/40 мл, то есть с ее увеличением возрастает остаточное количество нитратов. В указанном выше ряду запасы составили 14% (170/257), 21 и 46%.

Воспроизвести лабораторным путем реальных соотношений удобрения к почвенному раствору невозможно, тем более, что влажность почвы динамичный показатель. Но на основе выявленных тенденций, достоверность которых подтверждена статистически, можно предположить, что нитратный азот ПУУС относительно активен, но в то же время его вымывание не одномоментное, определенная часть азота находится в ближайшем запасе. Следовательно, не стоит ожидать быстрого истощения нитратов из глинистого компонента экспериментальной почвоулучшающей смеси.

Первоначально планировали азотную кислоту добавлять в трехкомпонентную смесь, состоящую из ФМ, ПС и доломита. В лабораторном опыте 4, для выявления хемоактивизирующей роли азотной кислоты фосфоритную муку рассматривали как самостоятельный компонент и совместно с доломитом. Установлено, что с обработкой модифицирующей азотной кислотой и без нее содержание массовой доли усвояемых (в лимонной кислоте) и водорастворимых фосфатов в варианте с доломитом оказалось одинаковым – менее 3,0%.

Суммарное количество азота при однократной обработке ФМ с доломитом составило 2,39%, в контролях 1 и 2 (без добавления азотной кислоты) – около 0,26%. Дополнительное использование азотной кислоты увеличило содержание общего азота до 6,3%, массовой

доли усвояемых фосфатов – до 14, водорастворимых фосфатов – до 3,5% (табл. 4).

Положительную роль доломита можно рассматривать с точки зрения связывания азотной кислоты с образованием легкорастворимого нитрата кальция. Однако кальций доломита связывает фосфаты. После двукратной обработки азотной кислотой частично растворяются фосфаты. На это указывают данные по усвояемым и водорастворимым фосфатам, содержание которых увеличилось до 7,0% и 3,5% соответственно. При однократной обработке их содержание не превышало 3,0%.

Выводы. Суглинок, фосфоритная мука имеют сложную химическую, минералогическую композицию. Установить с высокой точностью необходимый объем модифицирующей кислоты сложно даже после определения содержания примесных минералов, в состав которых входит кальций и фосфор. Некоторые химические процессы контролировать без специального аналитического оборудования невозможно. Все эти направления – область изучения других наук. Мы получили продукт со связанной в максимальной степени модифицирующей кислотой, неполным переводом фосфора в подвижные формы. Например, неполная активация фосфоритной муки приводит к частичному или полному разрушению минералов. [8] Это дает основание предполагать, что хемоактивированный прочносвязанный фосфор минералов, который далее вступит в химическую реакцию с кальцием, не потеряет свою активность.

При составлении почвоулучшающей смеси из суглинка, фосфоритной муки и доломита основная сложность заключается в расчетах отношений последних двух компонентов для частичного перевода фосфора фосфоритной муки в доступные формы. Трудности связаны с присутствием кальция в составе примесных минералов, сорбцией фосфатов алюминием, железом и другими элементами. По нашим предварительным исследованиям, если на заключительной стадии добавить в смесь азотную кислоту, но в меньшем количестве, чем положено по стехиометрической норме (есть вероятность выделения диоксида азота), часть фосфора переходит в усвояемые формы. Приблизительно о необходимом количестве модифицирующей кислоты можно судить по экстрагируемому объему фосфора с использованием соляной кислоты молярной концентрацией 0,2 моль/дм³ (методика заимствована из ГОСТа Р 54650-2011). Следует признать условность выбранного подхода, так как он распространяется на почву, но при некоторых допущениях при сравнении вариантов с обработкой азотной кислотой фосфоритной муки с доломитом и без него позволяет по минимальной разнице содержания подвижного фосфора приблизительно рассчитать объем кислоты. Чем больше нейтрализуется кислоты кальцием самой ФМ, тем меньше выход фосфора. В варианте с ФМ без доломита содержание подвижного фосфора – 10960 мг/кг, с доломитом – 8240...8560 мг/кг, что дает нам основание сделать вывод о приемлемом выборе соотношения компонентов в ПУУС.

В опытах хемоактивирующий эффект рассматривали на уровне отдельных компонентов. Это связано с отсутствием соответствующего ГОСТа. Поэтому данные по химическому составу имеют приближенные значения, так как исключено влияние компо-

Таблица 4.
Содержание общего азота, фосфатов и подвижного фосфора в различных вариантах с ФМ

Вариант	Общий азот, %	Усвояемые фосфаты, %	Водорастворимые фосфаты, %	Подвижный фосфор, мг/кг
ФМ без HNO ₃ (контроль 1)	0,24	<3,0	<3,0	10960
ФМ + доломит без HNO ₃ (контроль 2)	0,26	<3,0	<3,0	8530
ФМ + однократная обработка HNO ₃	2,4	14,0	3,5	9880
ФМ + доломит + однократная обработка HNO ₃	2,4	<3,0	<3,0	8560
ФМ + доломит + двукратная обработка HNO ₃	6,3	7,0	3,5	8240

нентов друг на друга, одномоментное действие на них азотной кислоты. Тем не менее, можно указать ориентировочные значения основных агрохимических показателей ПУУС: общий азот – 9,0%, общий фосфор – 19, усвояемые и водорастворимые формы фосфора – 7,0 и 3,5 (ФМ + доломит + двукратная обработка HNO_3), общий калий – 0,2% (по покровному суглинку).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Андрианов С.Н., Капранов В.Н., Сушеница Б.А. Эффективность и технология производства хемоактивированной фосфоритной муки // Плодородие. 2007. № 6 (39). С. 11–12.
- Безручко Е.В., Федотова Л.С. Доступный для растений кремний – фактор устойчивого производства картофеля // Агрохимия. 2021. № 8. С. 70–81.
- Биккинина Л.М.Х., Алиев Ш.А., Ежков В.О., Суханова И.М. Изменение калийного режима почвы под влиянием комплексного удобрения на основе природного цеолита и стоков животноводческих комплексов // Агрохимический вестник. 2016. № 4. С. 27–29.
- Варламова Л.Д., Короленко И.Д. Нетрадиционные удобрения материалы в растениеводческом комплексе России и Нижегородской области // Агрохимический вестник. 2017. № 2. С. 15–20.
- Власов В.Ф., Марченков В.Ф. Исследование азотнокислотного разложения Кимовского фосфорита // Технология неорганических веществ, процессы и аппараты и кибернетика химических процессов. Труды МХТИ им. Д.И. Менделеева. 1962. Вып. 60. С. 29–31.
- Вольфкович С.И. и др. Общая химическая технология, 1945. № 3, С. 1–7.
- Газизов Р.Р., Суханова И.М., Прищепенко Е.А. и др. Влияние бурого угля и глауконита на плодородие почвы и урожайность культур // Плодородие. 2020. № 6 (117). С. 34–36.
- Готто З.А., Шевчук В.В., Можейко Ф.Ф., Островский Л.К. Активация фосфоритной муки путем частичного разложения минеральных кислот // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. 2014. № 3. С. 110–116.
- Дорошкевич С.Г., Убугонов Л.Л. Влияние органоминеральных удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолитов на агрохимические свойства аллювиальной дерновой почвы // Агрохимия. 2002. № 4. С. 5–10.
- Капранов В.Н. Использование природных агрохимических средств в качестве источников минерального питания полевых культур: дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.04 / Капранов Владимир Николаевич. Немчиновка, 2009. 378 с.
- Козлов А.В., Куликова А.Х., Уромова И.П. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы и продуктивность агрофитоценозов от применения высококремнистых пород в качестве почвенных кондиционеров // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2017. № 11 (260). С. 155–166.
- Козлов А.В., Куликова А.Х., Уромова И.П. Функциональность соединений кремния в почвах и их участие в формировании экологической устойчивости почвенно-поглощающего и почвенно-биотического комплексов // Сб. науч. тр. по мат. Междунар. экологической конф. «Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития, Краснодар. 2020. С. 294–298.
- Козлов А.В., Трушкова М.А. Влияние кремнийсодержащих пород на содержание подвижных соединений тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 510.
- Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В. и др. Мелиоративные свойства, удобрительная ценность и скорость растворения в почвах различных по размеру фракций отсева доломита, используемого для дорожного строительства // Агрохимия. 2016. № 2. С. 31–41.
- Межева А.С., Берестнева Ю.В., Бикметова К.Р. Апробация органоминерального удобрения на основе осадков сточных вод // Агрохимический вестник. 2020. № 6. С. 71–74.
- Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. Агрохимические аспекты использования осадков сточных вод для рекультивации земель различного назначения // Агрохимия. 2020. № 8. С. 70–77.
- Охотин В.В., Мазуров Г.П. Покровные отложения на моренах Европейской части Советского Союза // Вестник Ленинградского университета. 1951. № 4. С. 66–57.
- Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д., Пастухов А.В. и др. Влияние цеолитов на развитие ярового рапса в присутствии остатков метсульфурон-метила в почве // Агрохимия. 2021. № 10. С. 81–88.
- Ульянова О.А. Трансформация органического вещества почвы под действием композиций из древесной коры и цеолита // Плодородие. 2009. № 2(47). С. 23–25.
- Ульянова О.А., Чупрова В.В., Луганцева М.В., Кулебакин В.Г. Получение удобрительных композиций и влияние их на содержание и состав органического вещества в черноземе обыкновенном Красноярской лесостепи // Агрохимия. 2007. № 6. С. 42–49.
- Фрид А.С., Касатиков В.А., Борисочкина Т.И. и др. Динамика агрохимических показателей почвы в многолетнем полевом опыте при внесении осадков сточных вод и извести // Агрохимия. 2022. № 9. С. 3–14.
- Шабаетов В.П., Бочарникова Е.А., Остроумов В.Е. Ремедиация загрязненной кадмием почвы при применении стимулирующих рост растений ризобактерий и природного цеолита // Почвоведение. 2020. № 6. С. 738–750.

REFERENCES

- Andrianov S.N., Kapranov V.N., Sushenica B.A. Effektivnost' i tekhnologiya proizvodstva hemoaktivirovannoj fosforitnoj muki // Plodorodie. 2007. № 6 (39). S. 11–12.
- Bezruchko E.V., Fedotova L.S. Dostupnyj dlya rastenij kremnij – faktor ustojchivogo proizvodstva kartofelya // Agrohimiya. 2021. № 8. S. 70–81.
- Bikkinina L.M.H., Aliev Sh.A., Ezhkov V.O., Suhanova I.M. Izmnenie kalijnogo rezhima pochvy pod vliyaniem kompleksnogo udobreniya na osnove prirodno go ceolita i stokov zhivotnovodcheskih kompleksov // Agrohimi cheskij vestnik. 2016. № 4. S. 27–29.
- Varlamova L.D., Korolenko I.D. Netradicionnye udobritel'nye materialy v rastenievodcheskom komplekse Rossii i Nizhegorodskoj oblasti // Agrohimi cheskij vestnik. 2017. № 2. S. 15–20.
- Vlasov V.F., Marchenkov V.F. Issledovanie azotnokislотноgo razlozheniya Kimovskogo fosforita // Tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv, processy i apparaty i kibernetika himicheskikh processov. Trudy MHTI im. D.I. Mendeleeva. 1962. Vyp. 60. S. 29–31.
- Vol'fkovich S.I. i dr. Obschchaya himicheskaya tekhnologiya, 1945. № 3, S. 1–7.
- Gazizov R.R., Suhanova I.M., Prishchepenka E.A. i dr. Vliyaniye burogo uglya i glaukonita na plodorodie pochvy i urozhajnost' kul'tur // Plodorodie. 2020. № 6 (117). S. 34–36.
- Gotto Z.A., Shevchuk V.V., Mozhejko F.F., Ostrovskij L.K. Aktivaciya fosforitnoj muki putem chastichnogo razlozheniya

- mineral'nyh kislot // Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Seriya himicheskikh nauk. 2014. № 3. S. 110–116.
9. Doroshkevich S.G., Ubugunov L.L. Vliyanie organomineral'nyh udobritel'nyh smesey na osnove osadkov stochnyh vod i ceolitov na agrohimicheskie svoystva allyuvial'noj dernovoj pochvy // Agrohimiya. 2002. № 4. S. 5–10.
 10. Kapranov V.N. Ispol'zovanie prirodnyh agrohimicheskikh sredstv v kachestve istochnikov mineral'nogo pitaniya polevyh kul'tur: dis. ... d-ra biol. nauk : 06.01.04 / Kapranov Vladimir Nikolaevich. Nemchinovka, 2009. 378 s.
 11. Kozlov A.V., Kulikova A.H., Uromova I.P. Biologicheskaya aktivnost' derno-podzolistoj pochvy i produktivnost' agrofитocenozov ot primeneniya vysokokremnistyh porod v kachestve pochvennyh kondicionerov // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennyye nauki. 2017. № 11 (260). S. 155–166.
 12. Kozlov A.V., Kulikova A.H., Uromova I.P. Funkcional'nost' soedinenij kremniya v pochvah i ih uchastie v formirovanii ekologicheskoy ustojchivosti pochvenno-pogloshchayushchego i pochvenno-bioticheskogo kompleksov // Sb. nauch. tr. po mat. Mezhdunar. ekologicheskoy konf. «Agrarnye landshafty, ih ustojchivost' i osobennosti razvitiya, Krasnodar. 2020. S. 294–298.
 13. Kozlov A.V., Trushkova M.A. Vliyanie kremnijsoderzhashchih porod na sodержanie podvizhnyh soedinenij tyazhelyh metall-ov v derno-podzolistoj pochve // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2016. № 6. S. 510.
 14. Litvinovich A.V., Pavlova O.Yu., Lavrishchev A.V. i dr. Meliorativnyye svoystva, udobritel'naya cennost' i skorost' rastvoreniya v pochvah razlichnyh po razmeru frakcij otseva dolomita, ispol'zuemogo dlya dorozhnogo stroitel'stva // Agrohimiya. 2016. № 2. S. 31–41.
 15. Mezhevova A.S., Berestneva Yu.V., Bikmetova K.R. Aprobatsiya organomineral'nogo udobreniya na osnove osadkov stochnyh vod // Agrohimicheskij vestnik. 2020. № 6. S. 71–74.
 16. Merzlaya G.E., Afanas'ev R.A. Agrohimicheskie aspekty ispol'zovaniya osadkov stochnyh vod dlya rekul'tivatsii zemel' razlichnogo naznacheniya // Agrohimiya. 2020. № 8. S. 70–77.
 17. Ohotin V.V., Mazurov G.P. Pokrovnyye otlozheniya na morenah Evropejskoj chasti Sovetskogo Soyuza // Vestnik Leningradskogo universiteta. 1951. № 4. S. 66–57.
 18. Spiridonov Yu.YA., Chkanikov N.D., Pastuhov A.V. i dr. Vliyanie ceolitov na razvitie yarovogo rapsa v prisutstvii ostatkov metsul'furon-metila v pochve // Agrohimiya. 2021. № 10. S. 81–88.
 19. Ul'yanova O.A. Transformatsiya organicheskogo veshchestva pochvy pod dejstviem kompozitsij iz drevesnoj kory i ceolita // Plodorodie. 2009. № 2(47). S. 23–25.
 20. Ul'yanova O.A., CHuprova V.V., Luganceva M.V., Kulebakin V.G. Poluchenie udobritel'nyh kompozitsij i vliyanie ih na sodержanie i sostav organicheskogo veshchestva v chernozeme obyknovennom Krasnoyarskoj lesostepi // Agrohimiya. 2007. № 6. S. 42–49.
 21. Frid A.S., Kasatnikov V.A., Borisochkina T.I. i dr. Dinamika agrohimicheskikh pokazatelej pochvy v mnogoletnem polevom opyte pri vnosenii osadkov stochnyh vod i izvesti // Agrohimiya. 2022. № 9. S. 3–14.
 22. Shabaev V.P., Bocharnikova E.A., Ostroumov V.E. Remediaciya zagryaznennoj kadmii pochvy pri primenenii stimuliruyushchih rost rastenij rizobakterij i prirodnogo ceolita // Pochvovedenie. 2020. № 6. S. 738–750.

Поступила в редакцию 13.09.2023

Принята к публикации 27.09.2023

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СВЯЗИ МОРФОЛОГИИ ЯИЧНИКОВ С ЭКСТЕРЬЕРОМ ПЕРВОТЕЛОК СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

Наталья Федоровна Ключникова, доктор сельскохозяйственных наук
Михаил Тихонович Ключников, кандидат сельскохозяйственных наук
Елена Михайловна Ключникова

ФГБУН Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук
Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с. Восточное, Хабаровский край, Россия
E-mail: nauka1952@mail.ru

Аннотация. Впервые изучена связь морфологии яичников с экстерьером у первотелок местного черно-пестрого скота и помесей разной кровности с производителями голштинской породы. Ее величина варьировала от $r=0,01$ до $r=0,22$. При этом связь правостороннего яичника выражена сильнее ($r = 0,06-0,22$), левостороннего – слабее ($r = 0,01-0,09$). Обследование 96 коров, отобранных визуально для осеменения по признакам течки и полового поведения, выявило наличие в яичниках 42,7% животных фолликулы преовуляторной зрелости (+++; ++++).

Ключевые слова: крупный рогатый скот, первотелки, яичники, экстерьер, связь

SOME ASPECTS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MORPHOLOGY OF THE OVARIES AND THE EXTERIOR OF FIRST-CALF HEIFERS OF THE MIDDLE AMUR REGION

N.F. Kluchnikova, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
M.T. Kluchnikov, *PhD in Agricultural Sciences*
E.M. Klyuchnikova

Federal State Budgetary Institution of Science Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute, Vostochnoye village, Khabarovsk Territory, Russia
E-mail: nauka1952@mail.ru

Abstract. The tie between the ovarian morphology and the exterior of 113 local black-and-white first-calving heifers and the cross-breeds of different blood relationship with the Holstein bulls has been studied for the first time. The size of this tie varied from $r = 0.01$ to $r = 0.22$. And by this the tie of right-side ovary was stronger ($r =$ from 0.06 to 0.22), of left-side – ($r =$ from 0.01 to 0.09). The gynaecologist inspection of sexual organs of 96 cows, being selected visually, for the insemination by signs of heat and sexual behavior exposed the presence of the follicle of before-ovulation ripeness in the ovaries of 42.7% of animals (+++; ++++).

Keywords: cattle, first-calving heifers, ovaries, exterior, tie

Непременное условие увеличения продукции животноводства – интенсификация воспроизводства поголовья крупного рогатого скота. Это одна из основных проблем, которая в отрасли остается наиболее актуальной, так как рентабельность молочного бизнеса не обеспечивается лишь количеством и качеством получаемого молока. Необходима активизация репродуктивной функции животных. Получение телят в достаточном количестве на протяжении длительного времени – важный сегмент технологии молочного животноводства. [8] Однако повседневные стрессовые воздействия на организм животных приводят к возникновению гинекологических патологий, следствие которых – бесплодие, тормозящее развитие животноводства и наносящее ощутимый экономический ущерб. [2, 15, 17, 22] Самые частые причины бесплодия – болезни матки и яичников. [1, 3, 4, 10, 11, 23] Из-за большого процента яловости и преждевременного выбытия коров хозяйства недополучают значительное количество молока. [2, 5–7, 12] Перед наукой и практикой стоят задачи по разработке ранней диагностики, профилактики и лечения бесплодия коров. А. Нежданов, Л. Сергеева, К. Лободин считают, что необходимо внедрение новых научно-обоснованных технологий кормления и содержания животных, а также системы регулярной комплексной диа-

гностики, профилактики и терапии болезней органов репродукции. [9] Решением этой проблемы занимаются многие отечественные и зарубежные исследователи. [11, 14, 20–22] Причины нарушений способности зрелого организма воспроизводить потомство частично изучены, но многие вопросы требуют дальнейших исследований. [4, 12, 18]

Воспроизводительная способность коров *черно-пестрой* породы и помесей с *голлитами* в Хабаровском крае характеризуется низкими показателями: выход телят на 100 коров менее 80%, оплодотворяемость в первую охоту не превышает 50%. Наблюдается сокращение продуктивного периода животных, что возможно обусловлено преждевременной выбраковкой из-за яловости и бесплодия первотелок. [19, 21]

Проблемы нарушений репродуктивной функции животных необходимо изучать в условиях каждого региона, где имеются зональные особенности проявления форм бесплодия и свои закономерности развития патологических процессов в половой системе коров, связанные с ведением скотоводства, кормления, содержания и климатом. [1, 23]

Цель работы – изучить факторы, лимитирующие репродуктивную функцию коров в условиях Хабаровского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На молочной ферме Хабаровского района исследовали 113 первотелок местного *черно-пестрого* скота и помесей разной кровности с производителями *голландской* породы. Прижизненно у первотелок измеряли яичники на 30...35 день после отела, предварительно на девятом месяце – высоту в холке, косую длины туловища, обхват груди за лопатками. На основании промеров вычисляли индексы телосложения (массивность, сбитость, растянутость). [16]

Для выяснения причин низкой эффективности искусственного осеменения у 96 особей оценивали степень зрелости фолликулов в яичниках перед осеменением.

Полученные данные обрабатывали согласно руководству по биометрии Н. Плохинского. [13]

РЕЗУЛЬТАТЫ

У 113 первотелок длина правого яичника в среднем – 3,19 см, высота – 1,97, левого – 2,32 и 1,51 см соответственно. У 21 (18, 6%) особи обнаружена атрофия яичника, в том числе у трех первотелок отмечена правосторонняя локализация, 16 – левосторонняя, у двух особей оба яичника были атрофированы (боковая площадь менее 0,5 см²). На величину яичников оказывает влияние их функциональное состояние (наличие желтых тел или зрелых фолликулов, кист). Последние обнаружены в одном случае. Желтые тела выявлены у 12 первотелок, причем у девяти они находились в правом яичнике. Фолликулы предовуляционной зрелости диагностировали у пяти животных, при этом у одной особи фолликул был в левом яичнике. В двух случаях были симптомы прошедшей овуляции.

При гинекологическом обследовании первотелки по кличке Ваза найдена патология левого яичника, который по форме напоминал шнур длиной 6 см и диаметром 0,3 см, правый – 3 и 0,8 см соответственно. У первотелки Лада высота левого яичника в три раза превышала его длину. Характеризуя состояние репродуктивных органов обследованной группы животных,

следует отметить наличие значительной доли особей с хроническим течением воспалительных процессов в матке после отела, о чем свидетельствуют симптомы у 17,7% животных. При этом у 18 из 20 первотелок патология имела правостороннюю локализацию.

Функциональную активность правого и левого яичников, наличие симметричной локализации патологических процессов в рогах, яйцеводах и яичниках стоит учитывать при трансплантации эмбрионов и разработке стратегии терапии ряда заболеваний репродуктивных органов у коров.

Выявление возможных связей величины яичников с экстерьером животных позволило бы прогнозировать воспроизводительную способность и послеродовую стрессоустойчивость первотелок. Соответствующие расчеты коэффициентов корреляции провели по всей группе опытных первотелок (табл. 1).

Полученные данные свидетельствуют о слабом влиянии изучаемых показателей экстерьера на размеры яичников, особенно левого. Направление связи имеет положительное значение. Это послужило обоснованием методики оценки связей величины яичников с экстерьером, в которой использовали отклонение от среднего показателя на плюс или минус одну сигму ($M \pm 1\sigma$) (табл. 2).

На основании данных таблицы можно сделать вывод, что при отклонении показателей экстерьера от средних значений по стаду на плюс или минус одну сигму размеры яичников изменяются симметрично. Варьирование левосторонних яичников значительно слабее, чем правосторонних. Например, при различии суммы промеров обхвата груди и косой длины туловища

Таблица 1.
Значения коэффициентов корреляции, n = 113

Показатель экстерьера	Боковая площадь яичника, см ²	
	правый	левый
Индекс массивности	0,22	0,04
Высота в холке, см	0,06	0,05
Обхват груди + косая длина туловища, см	0,19	0,09

Таблица 2.

Величина яичников при отклонении экстерьера от средних показателей на одну сигму

Показатель экстерьера	n	M ± 1σ	Размер яичника, см					
			правый			левый		
			длина	высота	S, см ²	длина	высота	S, см ²
Косая длина туловища, см	19	+162,6	3,56	2,19	7,8	2,37	1,67	4,0
	16	-140,1	2,91	1,64	4,8	2,50	1,33	3,3
Высота в холке, см	19	+127,3	3,44	2,32	8,0	2,20	1,37	3,0
	15	-114,7	3,10	1,79	5,6	1,49	1,26	1,9
Обхват груди + косая длина туловища, см	17	+344,5	3,62	2,97	10,8	2,00	1,60	3,2
	15	-303,6	2,39	1,51	3,6	2,08	1,29	2,7
Индекс массивности	8	+155,0	3,63	2,25	8,2	1,94	1,40	2,7
	7	-130,0	3,29	1,49	4,9	2,20	1,39	3,1
Индекс сбитости	10	+124,8	3,55	2,28	8,1	2,38	1,73	4,1
	8	-103,8	3,32	1,88	6,2	1,89	1,57	3,0
Индекс растянутости	16	+135,7	3,88	1,92	7,5	2,10	1,90	4,0
	10	-115,5	2,85	1,58	4,5	2,48	1,85	4,6
Обхват груди, см	18	+186,2	3,75	2,75	10,3	2,05	1,88	3,9
	11	-160,8	2,96	1,61	4,8	2,19	1,30	2,8

ща на 13,5% (303,6 и 344,5 см) боковая площадь правого яичника больше в три раза, левого всего на 18,5%.

У семи первотелок были выявлены симптомы «тихой охоты», о чем свидетельствует наличие в яичниках фолликулов предовуляционной зрелости, в двух случаях — признаки недавно прошедшей овуляции. Дополнительно осмотрели 96 коров, которых привели для осеменения на основании полового поведения, наличия течки, данных зоотехнического учета (дата отела и последнего осеменения). Ректальное обследование состояния матки и яичников подтвердило своевременность осеменения 42,7% животных. У трети коров овуляция прошла, 23% животных были приведены для осеменения преждевременно или ошибочно.

Все вышеизложенное свидетельствует о наличии проблем в организации воспроизводства стада крупного рогатого скота в хозяйстве. Более 30% коров осеменяются недоразвитыми. Это подтверждается низкими показателями высоты в холке у первотелок (114...119 см). Выявлено существенное преобладание по величине и функциональной активности правосторонних яичников у животных после первого отела.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белобороденко М.А. Сравнительные морфофункциональные данные состояния репродуктивного аппарата коров, находящихся в различных условиях//Сб. матер. конф. молодых ученых. Тюмень: ТГСХА, 2003. С. 5–6.
2. Гавриленко Н.Н. Симптоматическая форма бесплодия у молочных коров в условиях Дальнего Востока // Современные проблемы ветеринарного обеспечения репродуктивного здоровья животных: мат. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения профессора В.А. Акатова. Воронеж: Изд-во «Истоки», 2009. 121 с.
3. Дегай В.Ф. Морфофункциональная характеристика органов размножения в норме и при некоторых формах патологии эндокринного происхождения у крупного рогатого скота: Автореф. дисс. ... док. биол. наук. Улан-Удэ, 2000. 27 с.
4. Жаров А.В., Сквородин Е.Н. Патоморфология болезней мочеполовой системы. Уфа: БашГАУ, 2005. 79 с.
5. Ионова Л.В. Влияние интенсивности роста телок на воспроизводительную способность и молочную продуктивность коров//дисс. ... канд. с-х наук, Сахарова, 2015. 126 с.
6. Ключникова Н.Ф. Аспекты повышения оплодотворяемости коров. Хабаровск: Федеральная служба государственной статистики по Хабаровскому краю, 2006. 256 с.
7. Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т., Ключникова Е.М. Воспроизводство крупного рогатого скота на молочных фермах юга Дальнего Востока//Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2018. № 3. С. 126–128.
8. Лабинов В.В. Продуктивное долголетие коров//Науч. Пр. Журнал Farmanimals. М., ИД «Медфорум», 2014. № 2(6). С. 8–10.
9. Нежданов А., Сергеева Л., Лободин К. Интенсивность воспроизводства и молочная продуктивность коров//Молочное и мясное скотоводство. 2008. № 5. С. 2–4.
10. Никитин В.Я., Михайлюк В.М., Белугин Н.В. и др. Лечение коров с симптоматическим бесплодием // Труды Кубанского госагроуниверситета. Кубань, 2009. Серия: ветер. науки. 2009. № 1. Ч.2. С. 204–205.
11. Новых Н.Н. Лечение и профилактика функциональных нарушений яичников//Мат. Всеросс. науч.-метод. конф. патологоанатомов вет. медицины. М., 2003. 230 с.

12. Племяшов К.В. Клинико-морфологические исследования яичников и матки бесплодных коров // Ветеринария. 2010. № 9. С. 8–10.
13. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.
14. Пронин Б.Г. Повышение эффективности контроля за состоянием воспроизводства стада//Уч. записки КГАВМ. Казань, 2008. Т. 194. С. 119–123.
15. Тегза А.А., Хасанова М.А., Ячник Л.П., Яблочкова Г.С. Динамика функциональной активности яичников при патологии // Мат. Межд. науч.-практ. конф. «Байтурсьновские чтения» «Инновационное развитие АПК Казахстана: тенденции развития сельскохозяйственных, ветеринарных и технических наук». 2015. Ч. 1. С. 96–99.
16. Уфимцева Н.С., Макеева Т.В. Оценка экстерьера крупного рогатого скота молочных пород: Учебное пособие для практических занятий/ НГАУ. Новосибирск, 2015. 46 с.
17. Хамитова Л.Ф. Бесплодие коров в условиях Удмуртской республики (клинико-патогенетическое исследование) // дисс. ... док. вет. наук. Ижевск, 2019. 314 с.
18. Хасанова М.А. Морфологические аспекты органов размножения коров при нарушении репродуктивной функции//дисс. ... док. филос.наук. Республика Казахстан. Костанай, 2017. 169 с.
19. Хилькевич Н.М. Пути интенсификации воспроизводства стада и увеличения производства мяса и молока //Вестник ветеринарии. 2003. Т. 27. № 3. С. 46–53.
20. Ashraf M. El Desouky. Improvement of the Reproductive Performance of Dairy Cows during the Transition Period // AJVS. 2014. № 41 (1). P. 62–67.
21. Hunduma D. Major reproductive disorders of dairy cows in and Around Asella town //Journal of Veterinary Medicine and Animal. Central Ethiopia. 2013. № 8 (2). P. 51–56.
22. Khair M.M., Alam R.A., Islam M.T. et al. Incidence of reproductive and production diseases of cross-bred dairy cattle in Bangladesh // J. Vet. Med. 2013. № 259. P. 31–36.
23. Mandebvu P.C., Ballarl C.S., Sniffen C.J. Effect of feeding an energy supplement prepartum and rostopartum on milk yield and composition, and incidence of ketosis in dairy cows // Anim. FeedSci. Tech. 2003. № 105. P. 81–93.

REFERENCES

1. Beloborodenko M.A. Sravnitel'nye morfofunkcional'nye dannye sostoyaniya reproduktivnogo apparata korov, nahodyas'hchihsya v razlichnykh usloviyah//Sb. mater. konf. molodykh uchenykh. Tyumen': TGSKHA, 2003. S. 5–6.
2. Gavrilenko N.N. Simptomaticheskaya forma besplodiya u molochnykh korov v usloviyah Dal'nego Vostoka // Sovremennye problemy veterinarnogo obespecheniya reproduktivnogo zdorov'ya zhitvnykh: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora V.A. Akatova. Voronezh: Izd-vo «Istoki», 2009. 121 s.
3. Degaj V.F. Morfofunkcional'naya harakteristika organov razmnnozheniya v norme i pri nekotorykh formah patologii endokrinnogo proiskhozhdeniya u krupnogo roगतого skota: Avtoref. diss. ... dok. biol. nauk. Ulan Ude, 2000. 27.s.
4. Zharov A.B., Skvorodin E.H. Patomorfologiya boleznej mochepolovoy sistemy. Ufa: BashGAU, 2005. 79 s.
5. Ionova L.V. Vliyanie intensivnosti rosta telok na vosproizvoditel'nuyu sposobnost' i molochnuyu produktivnost' korov//diss. ... kand. s-h nauk, Saharova, 2015. 126 s.
6. Klyuchnikova N.F. Aspekty povysheniya oplodotvoryaemosti korov. Habarovsk: Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki po Habarovskomu krayu, 2006. 256 s.

7. Klyuchnikova N.F., Klyuchnikov M.T., Klyuchnikova E.M. Vosproizvodstvo krupnogo rogatogo skota na molochnyh fermah yuga Dal'nego Vostoka//Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk. 2018. № 3. S. 126–128.
8. Labinov V.V. Produktivnoe dolgoletie korov//Nauch. Pr. Zhurnal Farmanimals. M., ID «Medforum», 2014. № 2(6). S. 8–10.
9. Nezhdanov A., Sergeeva L., Lobodin K. Intensivnost' vosproizvodstva i molochnaya produktivnost' korov//Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2008. № 5. S. 2–4.
10. Nikitin V.Ya., Mihajlyuk V.M., Belugin N.V. i dr. Lechenie korov s simptomaticheskimi besplodijem // Trudy Kubanskogo gosagrouniversiteta. Kuban', 2009. Seriya: veter nauki. 2009. № 1. Ch. 2. S. 204–205.
11. Novyh H.H. Lechenie i profilaktika funkcional'nyh narushenij yaichnikov//Mat. Vseross. nauch.-metod. konf. patologo-anatomov vet. mediciny. M., 2003. 230 s.
12. Plemyashov K.V. Kliniko-morfologicheskie issledovaniya yaichnikov i matki besplodnyh korov // Veterinariya. 2010. № 9. S. 8–10.
13. Plohinskij N.A. Rukovodstvo po biometrii dlya zootehnikov. M.: Kolos, 1969. 256 s.
14. Pronin B.G. Povyshenie effektivnosti kontrolya za sostoyaniem vosproizvodstva stada//Uch. zapiski KGAVM. Kazan', 2008. T. 194. S. 119–123.
15. Tegza A.A., Hasanova M.A., Yachnik L.P., Yablochkova G.S. Dinamika funkcional'noj aktivnosti yaichnikov pri patologii // Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. «Bajtursynovskie chteniya» «Innovacionnoe razvitee APK Kazahstana: tendencii razvitiya sel'skohozyajstvennyh, veterinarnykh i tekhnicheskikh nauk». 2015. Ch. 1. S. 96–99.
16. Ufimceva N.S., Makeeva T.V. Ocenka ekster'era krupnogo rogatogo skota molochnyh porod: Uchebnoe posobie dlya prakticheskikh zanyatij/ NGAU. Novosibirsk, 2015. 46 s.
17. Hamitova L.F. Besplodie korov v usloviyah Udmurtskoj respubliky (kliniko-patogeneticheskoe issledovanie) //diss. ... dok. vet. nauk. Izhevsk, 2019. 314 s.
18. Hasanova M.A. Morfologicheskie aspekty organov razmnozheniya korov pri narushenii reproduktivnoj funkcii//diss. ... dok. filos.nauk. Respublika Kazahstan. Kostanaj, 2017. 169 s.
19. Hil'kevich N.M. Puti intensivifikacii vosproizvodstva stada i uvelicheniya proizvodstva myasa i moloka //Vestnik veterinarii. 2003. T. 27. № 3. S. 46–53.
20. Ashraf M. El Desouky. Improvement of the Reproductive Performance of Dairy Cows during the Transition Period // AJVS. 2014. № 41 (1). R. 62–67.
21. Hunduma D. Major reproductive disorders of dairy cows in and Around Asella town //Journal of Veterinary Medicine and Animal. Central Ethiopia. 2013. № 8 (2). R. 51–56.
22. Khair M.M., Alam R.A., Islam M.T. et al. Incidence of reproductive and production diseases of cross-bred dairy cattle in Bangladesh //J. Vet. Med. 2013. № 259. P. 31–36.
23. Mandebvu P.C., Ballarl C.S., Sniffen C.J. Effect of feeding an energy supplement prepartum and rostopartum on milk yield and composition, and incidence of ketosis in dairy cows // Anim. FeedSci. Tech. 2003. № 105. P. 81–93.

Поступила в редакцию 04.10.2023

Принята к публикации 18.10.2023

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛШТИНСКОГО КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, РАЗВОДИМОГО В ООО «РАКОВСКОЕ» ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Елена Борисовна Шукюрова, кандидат биологических наук

Марина Ринатовна Назарова, младший научный сотрудник

Денис Александрович Шинкоренко, младший научный сотрудник

*ФГБУН Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук
Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с. Восточное, Хабаровский край, Россия*

E-mail: dvniishingen@mail.ru

Аннотация. Установлена иммуногенетическая структура голштинского крупного рогатого скота, завезенного из Германии и Венгрии в Приморский край. Для исследуемой группы животных (1116 голов) характерно наличие редких антигенов – Z' (EAA-локус), P₂, T₂, Q, I', J'₂, K', P', Y', B'' (EAB-локус), R₁ (EAC-локус) и M (EAM-локус). Их суммарная частота встречаемости составила 17,64%. С высокой частотой встречаются антигены – A₂ (EAA-локус), G₂, G₃, Y₂, E'₂, E'₃, G', Q' (EAB-локус), C₁, C₂, E, W, X₂ (EAC-локус), F (EAF-локус), H' (EAS-локус), они обнаружены у 40,05–98,39% животных. Анализ распределения генотипов в EAF-локусе показал нарушение генетического равновесия, которое вызвано переизбытком гомозиготных генотипов V/V и недостатком гетерозиготных F/V. Анализ распределения EAB-аллелей выявил высокую частоту встречаемости аллеля G₂Y₂E'₂Q' (q=0,2711), а также наличие в исследуемой группе животных аллелей, характерных для черно-пестрого, красного степного и других пород крупного рогатого скота. Уровень гомозиготности (C_a) по EAB-локусу составил 10,9%. Полученные материалы будут использованы в дальнейшем для совершенствования селекционно-племенной работы с голштинским скотом.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, европейская селекция, эритроцитарные антигены, EAB-локус, частота встречаемости, генное равновесие, уровень гомозиготности (C_a)

GENETIC CHARACTERISTIC OF HOLSTEIN CATTLE BRED AT RAKOVSKOYE LLC OF PRIMORSKY TERRITORY

E.B. Shukyurova, PhD in Biological Science

M.R. Nazarova, Junior Researcher

D.A. Shinkorenko, Junior Researcher

Federal State Budgetary Institution of Science Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute, Vostochnoye village, Khabarovsk Territory, Russia

E-mail: dvniishingen@mail.ru

Abstract. The immunogenetic structure of Holstein cattle being imported from Germany and Hungary is determined. The presence of antigens being met seldom – Z' (EAA-locus), P₂, T₂, Q, I', J'₂, K', P', Y', B'' (EAB-locus), R₁ (EAC-locus) and M (EAM-locus) is characteristic of the researched group of animals (1116 heads). Their summary frequency of being met made 17,64%. The antigens – A₂ (EAA-locus), G₂, G₃, Y₂, E'₂, E'₃, G', Q' (EAB-locus), C₁, C₂, E, W, X₂ (EAC-locus), F (EAF-locus), H' (EAS-locus) are met with high frequency. They have been discovered in 40,05–98,39% of animals. Analysis of distribution of the genotypes in EAF-locus pointed to the breach of genetic balance, that is caused by oversurplus of homozygous genotypes V/V and shortage of heterozygous F/V. Analysis of distribution of EAB-alleles exposed the high frequency of being met of the allele G₂Y₂E'₂Q' (q=0,2711), and also a presence in the researched group of animals the alleles typical for the black and white cattle, red steppe and other breeds of cattle. The level of homozygosity (C_a) concerning EAB-locus made 10,9%. The received materials will be used in future for the improvement of selection and breeding work with the imported Holstein cattle.

Keywords: cattle, Holstein breed, European selection, erythrocytic antigens, EAB-locus, frequency of being met, gene balance, level of homozygosity.

Селекционно-племенная работа с крупным рогатым скотом выходит на уровень генетического анализа селекционных процессов. Без знания генотипа животного нельзя в полной мере судить о его индивидуальности, наследственности и изменчивости, ориентируясь лишь на фенотипические проявления признаков. Использование иммуногенетических методов в селекционной работе позволяет переводить ее на более высокий уровень из-за дополнения генеалогических данных информацией об антигенах и аллелях крови племенных животных. [2, 13] Для анализа генетических процессов в стаде, породе применяют маркерную селекцию. Это такой способ оценки животных, который со временем заменит традиционную оценку в животноводстве. Главное преимущество метода заключается

в выявлении особей с ценными генами и сохранении их в популяции. К традиционным маркерам относятся группы крови. [10, 11]

Кодоминантный тип наследования групп крови, неизменность в период постэмбрионального развития животного, широкое разнообразие антигенных факторов позволяют различать по типу крови каждую особь популяции, породы, стада, за исключением однойцовых близнецов, и делают их удобными маркерами при оценке степени генетического разнообразия и сходства пород. Изучение частоты встречаемости антигенных факторов и аллелей разных локусов групп крови в стадах животных помогает объективно оценивать степень однородности породы, выявлять индивидуальные, групповые и популяционные особенности,

следить за изменением генетической структуры стада при селекции, а также определять уровень гетерогенности и планировать разведение так, чтобы поддерживать биологическое разнообразие. [5, 6]

В животноводстве Приморского края ведется работа по увеличению поголовья. Крупный рогатый скот завозят из Европы и Америки. Племенные коровы европейской и американской селекции способны давать до 10 тыс. л молока в год, что поможет обеспечить приморский рынок качественным и недорогим продуктом. У *голландских* коров репродуктивная функция сохраняется в течение длительного времени, также у них высокая приспособляемость к условиям содержания и кормления.

Завозной *голландский* скот представляет научный и практический интерес не только в области интерьерных особенностей и хозяйственно полезных качеств, но и генетических признаков.

Первая партия (165 гол.) племенных *голландцев* в ООО «Раковское» прибыла из Германии в 2015 году. Несколько партий нетелей были завезены из Венгрии. [1, 12] В 2021 году на ферме содержалось более 1200 гол., в том числе 671 корова. Молочная продуктивность за 305 дн. лактации по стаду составила 9428 кг, жир – 3,76%. Это самый высокий показатель в крае. [4]

Цель работы – изучить генетическую структуру по группам крови, завезенного из Европы в Приморский край *голландского* крупного рогатого скота, для использования полученных данных в селекционно-племенной работе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2016 по 2022 год провели исследования групп крови в лаборатории иммуногенетической экспертизы ХФИЦ ДВО РАН – обособленное подразделение ДВ НИИСХ. Изучали *голландский* крупный рогатый скот, завезенный из Германии и Венгрии в ООО «Раковское» Приморского края. Взятие крови у животных, постановку реакций гемолиза эритроцитов проводили с применением 48 сывороток-реагентов девяти генетических локусов групп крови животных. [3] Частоту встречаемости антигенов и аллелей EAB-локуса определяли общепринятым методом. Генное равновесие в EAF-локусе, уровень гомозиготности (C_a) по EAB-локусу вычисляли по формуле Робертсона. Число эффективных аллелей (N_a) определяли делением единицы на коэффициент гомозиготности. [7]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У 116 исследованных животных из 48 антигенных факторов выявлены 45, контролируемых аллельными генами девяти хромосомных локусов. Частота распространения антигенов варьирует от 0 (Z' , Q и B'') до 98,39% (F) (табл. 1).

В EAA – локусе групп крови определяли антигены A_2 (выявлен у 47,13% животных) и Z' (не обнаружен). Последний редко встречается у большинства пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. [8]

В многофакторном локусе EAB из 27 антигенов выявлены 25 с широким диапазоном частоты встречаемости – 0,36 (T_2)...77,1% (E'_3). Антигены G_2 , G_3 , Y_2 , E'_2 ,

Таблица 1.
Частота антигенов групп крови у голштинского крупного рогатого скота, разводимого в ООО «Раковское»

Локус	Антиген	Частота, q	Локус	Антиген	Частота, q				
EAA	A_2	47,13	EAB	P'	2,69				
	Z'	0		Q'	56,9				
EAB	B_2	21,68	EAC	Y'	2,69				
	G_2	49,64		B''	0				
	G_3	49,64		G''	25,63				
	I_1	10,93		C_1	47,76				
	I_2	15,32		C_2	47,76				
	K	6,27		E	53,67				
	O_1	27,33		R_1	1,97				
	O_2	31,09		W	41,85				
	P_2	2,33		X_2	81,90				
	Q	0		L'	17,83				
EAF	T_2	0,36	EAF	F	98,39				
	Y_2	55,11		V	14,16				
	B'	15,05		EAJ	J	28,58			
	D'	25,63			EAL	L	28,58		
	E'_2	55,56				EAM	M	0,81	
	E'_3	77,15					EAS	S_1	26,16
	A'_2	11,74						H'	83,33
	G'	40,05						U'	11,47
	I'	1,61						H''	10,93
	J'_2	3,59						U	11,29
K'	3,59	U''	10,75						
O'	27,6	EAZ	Z					36,65	

E'_3 , G' , Q' встречались у 40,05...77,15% животных, P_2 , T_2 , Q , I' , J'_2 , K' , P' , Y' , B'' – 0...3,59%.

В EAC-локусе групп крови обнаружено семь антигенов. С высокой частотой встречались антигены C_1 , C_2 , W , E , X_2 (41,85...81,90%), R_1 – у 1,97% животных.

EAF-локус представлен антигенами F и V : частота первого – 98,39, второго – 14,16%.

В изученной группе определили генное равновесие в двухаллельном локусе групп крови EAF, в котором серологически дифференцируются три генотипа (два гомозиготной формы и один гетерозиготной).

Анализ распределения генотипов показал нарушение генетического равновесия, которое вызвано переизбытком гомозиготных генотипов V/V и недостатком гетерозиготных F/V . Величины χ^2 превышают стандартное значение. Нарушение равновесия по тем или иным аллелям групп крови в стадах, где ведется отбор по хозяйственным признакам, может косвенно указывать на существование генетической связи между ними. В случае сцепления генов групп крови с генами, контролирующими продуктивность животных, селекция на улучшение продуктивных качеств должна увеличивать концентрацию определенных генов групп крови.

Антигены J и L EAJ и EAL локусов встречаются у 28,58% животных. EAM-локус представлен одним антигеном M , частота которого незначительна (0,81%). В EAS-локусе выявлено шесть антигенов (S_1 , H' , U'' , H'' , U , U'''), наибольшая частота встречаемости у H' – 83,33%. В EAZ-локусе – антиген Z (36,65%).

Для генетической характеристики породы важное значение имеют аллели, контролирующие группы крови. При этом простые системы групп крови, в связи

с небольшим разнообразием аллелей, имеют второе значение. Мы рассмотрели аллелофонд по EAB-локусу, аллели, контролирующие наследственное сочетание антигенов в группах крови по EAB-локусу у *голландского* скота.

В EAB-локусе выявлено 54 аллеля с различной частотой встречаемости, большинство из которых характерны для *голландской* породы (табл. 3). Анализ показал значительную разницу в их концентрации, высокую имеют семь аллелей B_2O_1B' – 0,0703, $G_2Y_2E'_2Q'$ – 0,2711, $I_1(I_2)$ – 0,0439, $D'E'_3G'O'$ – 0,1147; $E'_3G'G''$ – 0,0439, Q' – 0,0560, «b» – 0,0780. Их суммарная частота – 0,6779, 47 аллелей обнаружены у отдельных особей с частотой встречаемости в общем генофонде – 0,3221. Такая незначительная концентрация указывает на то, что многие из них вытесняются отбором и, если в сле-

дующих поколениях не будет производителей с этими аллелями, они могут полностью исчезнуть.

В анализируемой группе животных встречались аллели, свойственные другим породам как молочного, так и мясного направления. Например, аллели $B_2Y_2E'_3G'G''$, I_1O_1 , $O_1D'G'Q'$, $Y_2A'_2D'G'Q'$, $Y_2D'E'_3O'$, $E'_3O'Q'$ характерны для *черно-пестрого* скота, $B_2G_2KY_2E'_3G'O'G''$, $P_2A'_2$, $Y_2D'E'_3Q'G''$ – крупного рогатого скота мясных пород, $E'_3G'Q'G''$ – красного степного, $O_1P_2Y_2$, $Y_2E'_3$, $E'_3A'_2$, E'_3O' – бурых и красных пород. [9]

По анализу аллелей EAB-локуса можно судить о степени гомо- и гетерозиготности наследственных признаков, важных для селекции особенностей генотипа. Уровень гомозиготности (C_a) в исследуемой группе – 10,9 вызван высокой концентрацией аллелей $G_2Y_2E'_2Q'$ и $D'E'_3G'O'$ (38,58%).

Состояние аллелофонда исследуемой группы животных характеризуется показателем числа действующих эффективных аллелей, который составил 9,2. Увеличение уровня гомозиготности (C_a) сопровождается уменьшением числа эффективных аллелей (N_a), снижением генетического и фенотипического разнообразия, что приводит к повышению однородности популяции.

Полученные новые знания по иммуногенетической структуре *голландского* крупного рогатого скота, завезенного из Европы в Приморский край, будут использованы для повышения эффективности селекционно-племенной работы.

Таблица 2.

Частота аллелей и распределение генотипов по EAF-локусу групп крови

Частота аллеля	Генотип	Распределение генотипов		χ^2	p
		фактическое	ожидаемое		
F-0,9211+0,0057	F/F	958	946,8	6,7	p<0,01
	F/V	140	162,3		
V-0,0789+0,0057	V/V	18	6,9		
		1116	1116		

Таблица 3.

Частота аллелей EAB-локуса групп крови у *голландского* крупного рогатого скота, разводимого в ООО «Раковское»

Аллель EAB-локуса	Частота, q	Аллель EAB-локуса	Частота, q
$B_2G_2O_1$	0,0009	$P_2A'_2$	0,0054
$B_2G_2KY_2A'_2O'$	0,0027	Y_2	0,0112
$B_2G_2KY_2E'_3G'O'G''$	0,0013	$Y_2A'_2$	0,0085
$B_2G_2Y_2E'_3G'Q'G''$	0,0018	$Y_2A'_2D'G'Q'$	0,0013
B_2I_1	0,0063	$Y_2D'E'_3O'$	0,0018
$B_2I_2Y_2E'_3I'O'G''$	0,0018	$Y_2D'E'_3Q'G''$	0,0009
B_2O_1	0,0112	$Y_2E'_3$	0,0031
$B_2O_1Y_2D'$	0,0018	$Y_2E'_3G'I'O'Q'$	0,0009
B_2O_1B'	0,0703	$Y_2E'_3G'Y'G''$	0,0036
$B_2Y_2E'_3G'G''$	0,0013	$Y_2G'G''$	0,0103
$B_2Y_2A'_2E'_3G'P'Q'G''$	0,0206	Y_2Y'	0,0004
G_2I_1K	0,0273	Y_2Q'	0,0013
G_2O_1	0,0116	A'_2	0,0054
$G_2O_1Y_2$	0,0054	$B'Q'$	0,0045
$G_2Y_2A'_2D'$	0,0004	$D'E'_3G'O'$	0,1147
$G_2Y_2E'_2Q'$	0,2711	E'_2	0,0148
$G_3O_1T_1E'_2K'G''$	0,0009	$E'_3A'_2$	0,0013
$I_1(I_2)$	0,0439	E'_3G'	0,0013
I_1O_1	0,0027	$E'_3G'O'G''$	0,0179
$I_2Y_2A'_2$	0,0013	$E'_3G'Q'G''$	0,0049
$O_1(O_2)$	0,0170	$E'_3G'G''$	0,0439
$O_1P_2Y_2$	0,0013	E'_3O'	0,0170
$O_1Y_2E'_3G'G''$	0,0175	$E'_3O'Q'$	0,0013
$O_1(O_2)A'_2$	0,0121	E'_3G''	0,0269
$O_1A'_2J'_2K'O'$	0,0103	I'	0,0045
$O_1D'G'Q'$	0,0049	Q'	0,0560
O_2Y_2	0,0009	«b»	0,0780
		прочие	0,0099

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильева Н.В. Акклиматизация импортного голштинского черно-пестрого скота в условиях ООО «Раковское» Приморского края // Горное сельское хозяйство. 2017. № 2. С. 102–106.
2. Данилкив Э.И. Использование генетических маркеров в селекционно-племенной работе с молочным скотом // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 1. С. 32–37.
3. Дунин И.М., Новиков А.А., Романенко М.И. и др. Правила генетической экспертизы племенного материала крупного рогатого скота. М.: Росинформагротех, 2003. 48 с.
4. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. М.: Издательство ФГБНУ ВНИИплем., 2022. 262 с. ISBN 978-5-87958-423-3.
5. Ильина А.В., Коновалов А.В., Хуртина О.А., Соколова Е.А. Генетический полиморфизм групп крови у крупного рогатого скота ярославской породы. Межд. науч. конф. «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». Борзовск: ВНИИФБиП, 2015. С. 174–178.
6. Марзанов Н.С., Саморуков Ю.В., Ескин Г.В. и др. Сохранение биоразнообразия. Генетические маркеры и селекция животных // Сельскохозяйственная биология. 2006. № 4. С. 3–19.
7. Машуров А.М., Сухова Н.О., Царев Р.О., Тхань Х.Х. Алгоритмы иммунобиохимической генетики: учебно-метод. пособие. Новосибирск: СО РАСХН, 1998. 112 с.
8. Машуров А.М., Сухова Н.О. Фонд антигенов пород крупного рогатого скота и родственных ему видов. Справ. каталог. Новосибирск: СО РАСХН, 1994 – 125 с.
9. Попов Н.А., Ескин Г.В. Аллелофонд пород крупного рогатого скота по EAB-локусу: справочный каталог. Москва, 2000. 299 с.

10. Рыжова Н.Г., Зюзин Д.В. Использование молекулярно-генетических маркеров в селекции скота. XLIX Огаревские чтения. Мат. науч. конф.: Часть 2. Саранск, 2021. С. 67–71.
11. Уливанова Г.В., Глотова Г.Н., Федосова О.А., Рыданова Е.А. Анализ использования генотипирования по полиморфным системам групп крови и белкам молока в племенном и промышленном скотоводстве // Вестник Рязанского государственного агротехнического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 1(45). С. 63–69. doi: 10.36508/RSATU.2020.45.1.011.
12. Электронный ресурс. <https://primamedia.ru/news/1116260/>
13. Sota E. et al. Genetic monitoring of Polish Red cattle Text. // Wiadomosci Zootechniczne. 2005. Vol. 43. No. 2. PP. 55–62.
5. Il'ina A.V., Konovalov A.V., Hurtina O.A., Sokolova E.A. Geneti-cheskij polimorfizm grupp krovi u krupnogo rogatogo skota yarovskoj porody. Mezhd. nauch. konf. «Aktual'nye problemy biologii v zhivotnovodstve». Borovsk: VNIIFBiP, 2015. S. 174–178.
6. Marzanov N.S., Samorukov Yu.V., Eskin G.V. i dr. Sohranenie bioraznoobraziya. Geneticheskie markery i selekciya zhivotnyh // Sel'skohozyajstvennaya biolo-giya. 2006. № 4. S. 3–19.
7. Mashurov A.M., Suhova N.O., Carev R.O., Than' H.H. Algoritmy im-munobiohimicheskoj genetiki: uchebno-metod. posobie. Novosibirsk: SO RASKHN, 1998. 112 s.
8. Mashurov A.M., Suhova N.O. Fond antigenov porod krupnogo rogado-go skota i rodstvennyh emu vidov. Sprav. katalog. Novosibirsk: SO RASKHN, 1994 – 125 s.
9. Popov N.A., Eskin G.V. Allelofond porod krupnogo rogatogo skota po EAV-lokus: spravochnyj katalog. Moskva, 2000. 299 s.
10. Ryzhova N.G., Zyuzin D.V. Ispol'zovanie molekulyarno-geneticheskikh markerov v selekcii skota. XLIX Ogarevskie chteniya. Мат. науч. конф.: Chast' 2. Саранск, 2021. S. 67–71.
11. Уливанова Г.В., Глотова Г.Н., Федосова О.А., Рыданова Е.А. Ана-лиз ispol'zovaniya genotipirovaniya po polimorfnyim sistemam grupp krovi i belkam moloka v plemennom i promyshlennom skotovodstve // Vestnik Rya-zanskogo gosudarstvennogo agrotekhnicheskogo universiteta im. P.A. Kosty-cheva. 2020. № 1(45). S. 63–69. doi: 10.36508/RSA-TU.2020.45.1.011.
12. Elektronnyj resurs. <https://primamedia.ru/news/1116260/>
13. Sota E. et al. Genetic monitoring of Polish Red cattle Text. // Wiadomosci Zootechniczne. 2005. Vol. 43. No. 2. PP. 55–62.

REFERENCES

1. Vasil'eva N.V. Akklimatizaciya importnogo golshtinskogo cherno-pestrogo skota v usloviyah ООО «Rakovskoe» Primorskogo kraja // Gornoe sel'skoe hozyajstvo. 2017. № 2. S. 102–106.
2. Danilkiv E.I. Ispol'zovanie geneticheskikh markerov v selekcion-no-plemennoj rabote s molochnym skotom // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2008. № 1. S. 32–37.
3. Dunin I.M., Novikov A.A., Romanenko M.I. i dr. Pravila geneticheskoy ekspertizy plemen-nogo materiala krupnogo rogatogo skota. М.: Rosinformagrotekh, 2003. 48 s.
4. Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii. М.: Izdatel'stvo FGBNU VNIИplem., 2022. 262s. ISBN 978-5-87958-423-3.

*Поступила в редакцию 16.10.2023
Принята к публикации 30.08.2023*

КОНТЕЙНЕРНО-ТРАНСПОРТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УБОРКИ, ХРАНЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ СЕЛЕКЦИОННОГО КАРТОФЕЛЯ ПЕРВОЙ ПОЛЕВОЙ РЕПРОДУКЦИИ

Алексей Семенович Дорохов, академик РАН

Алексей Викторович Сибирёв, доктор технических наук, ORCID ID: 0000-0002-9442-2276

Александр Геннадьевич Аксенов, доктор технических наук, ORCID ID: 0000-0002-9546-7695

Максим Александрович Мосяков, кандидат технических наук

Николай Викторович Сазонов, кандидат технических наук

Дмитрий Николаевич Кынев, аспирант

Николай Георгиевич Кынев, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия

E-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы перемещения, загрузки, перевалки и складирования грузовой и порожней контейнерной тары на плече поле-склад. Работу проводили на предприятии ООО «Редкинская АПК», имеющем 625 га пашни под выращивание семенного картофеля с соответствующим севооборотом и производящим до 10 тыс. т элитных семян. Описана технология уборки картофеля с использованием мягкой тары (мешки) и контейнеров. Рассчитано необходимое количество контейнеров для уборки, в зависимости от валового сбора картофеля на полях с разной площадью, и время всех операций технологического процесса. Определены подходящие габаритные размеры контейнеров и материалы их изготовления. Указан транспорт для перемещения и погрузочно-разгрузочных работ двух видов тары. Приведена сравнительная оценка использования мешков и контейнеров, обозначены перспективы развития последних в различных сельскохозяйственных операциях. Представлены процессы сортировки, складирования, хранения и посадки картофеля с применением контейнеров. Показана схема доставки клубней к месту посадки и процесса посадки. Разработана контейнерно-транспортная технология уборки селекционного картофеля первой полевой репродукции.

Ключевые слова: контейнерно-транспортная технология, вилчатый погрузчик, контейнеровоз, однорядный копатель семенного картофеля

CONTAINER AND TRANSPORT TECHNOLOGY FOR HARVESTING, STORING AND SELLING SELECTED POTATOES OF THE FIRST FIELD REPRODUCTION

A.S. Dorokhov, Academician of the RAS

A.V. Sibirev, Grand PhD in Engineering Sciences

A.G. Aksenov, Grand PhD in Engineering Sciences

M.A. Mosyakov, PhD in Engineering Sciences

N.V. Sazonov, PhD in Engineering Sciences

D.N. Kynev, PhD Student

N.G. Kynev, Senior Researcher

FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Moscow, Russia

E-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

Abstract. The article discusses the issues of moving, loading, transshipment and storage of loaded and empty containers on the field-warehouse line. The work was carried out at the Redkinskaya AIC LLC enterprise, which has 625 hectares of arable land for growing seed potatoes with appropriate crop rotation and producing up to 10000 tons of elite seeds. The technology for harvesting potatoes using soft containers (bags) and containers is described. The required number of containers for harvesting was calculated, depending on the gross harvest of potatoes in fields of different areas and the time of all operations of the technological process. Suitable overall dimensions of containers and materials for their manufacture have been determined. Transport for moving and loading and unloading operations using both types of containers is indicated. A comparative assessment of the bags and containers usage is provided, and prospects for the development of the latter in various agricultural operations are outlined. The processes of sorting, warehousing, storing and planting potatoes using containers are presented. A diagram of tubers delivery to the planting site and the planting process is shown. A container-transport technology for harvesting selection potatoes of the first field reproduction has been developed.

Keywords: container transport technology, forklift, container carrier, single-row seed potato digger

В современных условиях необходимы новые технологии уборки и хранения картофеля, позволяющие полностью механизировать трудоемкие процессы погрузки и выгрузки, обеспечивающие его хорошую сохранность.

Цель исследования – изучить различные способы уборки, транспортировки, сортировки, складирования и хранения картофеля, разработать новую контейнерно-транспортную технологию уборки селекционного картофеля первой полевой репродукции, сравнить использование мешков и контейнеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в селекционном хозяйстве ООО «Редкинское АПК» с площадью пашни под одним сортом первой полевой репродукции 0,03...0,85 га и валовым выходом урожая семян при урожайности 15 т/га – 0,45...13 т соответственно.

Уборочный агрегат – однорядный копатель картофеля производительностью 0,3...0,7 га/дн., валовой выработкой – 4,5...10,5 т/дн. и 0,75...1,75 т/ч.

Копатель оборудован справа по ходу боковым кронштейном с подмостками для перевозки порожней тары на поддонах, слева – разгрузочным средством для опускания груженых ящиками или мешками поддонов на землю.

Технология уборки картофеля одnorядным копателем с применением мешочной тары.

Во время движения копателя на центральный загрузочный транспортер поступает картофель с землей и стеблями. В задней части центрального транспортера параллельно ему с двух сторон расположены два боковых разгрузочных, на специальных площадках с одной и другой стороны копателя – по одному рабочему для отбора картофеля с центрального транспортера на боковые. В конце боковых транспортеров установлены приемные воронки на два мешка с переключателем потока со специальными зажимами для подвешивания. За приемными воронками (рис. 1, 3-я стр. обл.) расположена средняя площадка с двумя рабочими, задача которых – контроль наполнения мешков, их замена, укладка на поддон и установка нового поддона на вилы подъемника, находящегося слева по ходу движения, справа размещена площадка для пустой тары (поддоны, мешки).

Заполненный мешками поддон опускают на землю, при этом отсутствует необходимость в остановке движения копателя. В распоряжении рабочих, обслуживающих разгрузочные транспортеры, имеются пульты управления транспортерами. С их помощью можно останавливать транспортер, не прекращая работы копателя. Глубокие стенки разгрузочных транспортеров служат в роли накопителей. Оставленные на поле поддоны с мешками загружают в автомобиль полевым вилочным погрузчиком и отвозят на склад. Поддоны вручную разгружают и отправляют обратно на поле. При максимальной производительности копателя (1,75 т/ч) и условии, что один мешок заполняется 40 кг картофеля, необходимо набрать и перегрузить 44 мешка в час, что требует больших затрат физической энергии рабочих. Применение мягкой тары сильно усложняет механизацию процесса доставки картофеля от копателя на пункт переработки, поскольку для действий с предметами неопределенной формы и переменных размеров нужны интеллектуальные манипуляторы (люди или сложные системы). Использование контейнеров исключает ручной труд в перегрузочных операциях, поэтому во избежание простоев техники следует внимательно просчитывать логистические цепочки с подъемно-транспортными машинами и механизмами, задействованными в технологическом процессе. [2–4] При расчете количества контейнеров их минимальные размеры должны превышать минимальное значение валового сбора семян одного из сортов, что согласно технологической карте хозяйства составляет 0,45 т для сорта *Белароза*. Таким образом, вышеуказанному минимальному валовому сбору соответствует деревянный контейнер с габаритами 1000×1200×750, полной массой 600 кг (построен на базе европоддона). Также подойдет пластмассовый контейнер – 1120×1120×770, объемом 0,7 м³, собственной массой 29 кг.

Потребность в контейнерах основана на данных о валовых сборах селекционных сортов по материалам «Технологической карты первой полевой репродукции ООО «Редкинское АПК» (табл. 1).

Необходимое количество контейнеров (средний объем – 0,7 м³, грузоподъемность – 0,5 т) при уборке семенного картофеля (0,75...1,75 т/ч) – 2...4, за смену – 12...24 соответственно.

Для перевозки четырех контейнеров требуется транспортное средство грузоподъемностью от 2,5 т, погрузки – внедорожный вилочный погрузчик (не менее 0,8 т). Логистика технологического процесса представлена на рисунке 2.

В таблице 2 указаны временные интервалы процесса уборки семенного картофеля по вышепредставленной схеме при максимальной производительности копателя – 0,12 га/ч (0,7 га/дн). [5]

Условие для непрерывной работы копателя – $T_0 \geq T_1 + T_2 + T_3 + T_4$. Длина гона для загрузки в контейнер $G=450$ кг картофеля составит $L=G/U_b$.

Максимальное плечо подачи контейнеров от склада до поля при скорости $V_{тр} = 25$ км/ч и времени движения в одну сторону $T_{дв} = (T_0 - T_1 - T_2)/2$ – не более 4 км.

Таблица 1.
Временные интервалы процесса уборки семенного картофеля первого поколения

Сорт	Посадочный материал, шт	Количество контейнеров, шт	Площадь, м ²	Урожайность, т/га	Валовый сбор, т
<i>Импала</i>	42500	6	8500	15	12,75
<i>Удача</i>	31000	5	6200	15	9,3
<i>Романо</i>	22500	3	4500	15	6,75
<i>Невский</i>	13500	2	2700	15	4,05
<i>Надежда</i>	7500	2	1500	15	2,25
<i>Синеглазка</i>	3000	1	600	15	0,9
<i>Белароза</i>	1500	1	300	15	0,45
Итого	121500	20	24300	15	36,45

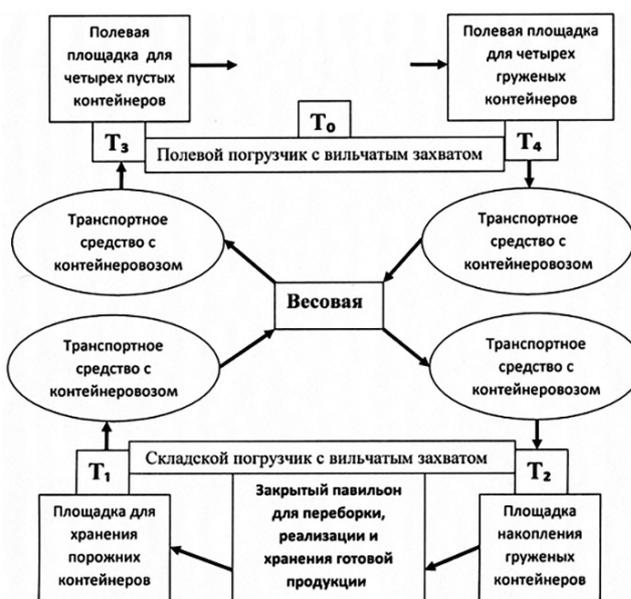


Рис. 2. Логистика технологического процесса контейнерной технологии уборки семенного картофеля.

Таблица 2.

Временные интервалы процесса уборки семенного картофеля

Обозначение параметра	Параметр	Параметр, мин.
T0	Расчетный период (один час чистого рабочего времени на заполнение копателем комплекта из четырех контейнеров)	60
T1	Время погрузки четырех порожних контейнеров на складе	5...6
T2	Время разгрузки четырех груженых контейнеров с установкой их на площадку или опрокидыванием в приемный бункер линии переборки	10...12
t3	Время разгрузки четырех порожних контейнеров с установкой их на подмостки копателя или площадку	6...7
t4	Время погрузки на транспортное средство четырех заполненных контейнеров, расставленных по полю с междурядьем $b = 0,7$ м и урожайностью $U = 1,5$ кг/м ² на расстоянии между собой $L = 430$ м при скорости движения погрузчика и транспортного средства 10 км/ч	15
Tп-р	Время для транспортного средства занятое под погрузкой $T_p = t_1$	40
Tдв	Время движения поле-склад-поле	20

Операционная технология по установке и снятию контейнеров на копатель.

Копатель при выполнении технологического процесса уборки выполняет транспортировку четырех контейнеров (рис. 3).

Первый контейнер устанавливают на поворотном подъемнике под загрузочным транспортером. Три контейнера штабелем располагают справа на подмостках для запасных поддонов.

1. После загрузки первого контейнера, в процессе движения комбайна, двое рабочих выключают работу разгрузочных транспортеров, поворачивают подъемник с контейнером на 90°, опускают его на поле, заполненный контейнер сходит с вил подъемника, затем второй контейнер перемещают вручную на место первого, подъемник возвращают в исходное положение под загрузку и повторяют операцию. При загрузке картофеля в контейнер оставляют незаполненной верхнюю его часть высотой 5...6 см.

2. По мере поступления от копателя груженых контейнеров погрузчик устанавливает их на сменный контейнеровоз или площадку.

3. В момент освобождения копателя от третьего контейнера и установки под загрузку четвертого, подается сигнал для одновременного подвоза трех пустых контейнеров погрузчиком, оборудованным вильчатым захватом с уширителем.

При возвращении на поле транспортного средства с порожними контейнерами их разгружают погрузчиком на площадку и заменяют на груженые или производят перецепку контейнеровозов. [9]

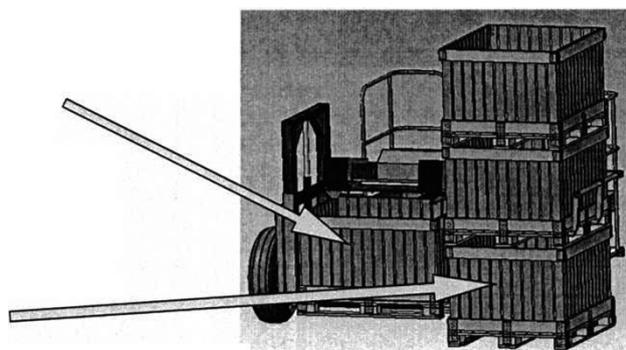


Рис. 3. Контейнерная технология по установке и снятию контейнеров.

Перевозка и хранение семенного картофеля в контейнерах.

Для хранения семенного картофеля в хозяйстве рациональнее использовать контейнеры, обеспечивающие полную механизацию транспортировки и складирования в течение всего технологического процесса. Разгружают контейнер способом опрокидывания. Для удержания на вилах опрокидывателя при разгрузке и штабелировании контейнеры снизу снабжены проушинами.

Значительно возрастает эффективность контейнерного способа хранения при загрузке контейнеров в поле после подбора клубней от копателя или при уборке картофеля комбайном. В этом случае клубни не повреждаются механически при транспортировке от поля до хранилища, не перезаражаются болезнями.

Опыты, проведенные в ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха в последние годы, свидетельствуют о лучшей лежкости клубней, убранных машинами и заложенных на хранение в условиях принудительной вентиляции в контейнерах при непосредственной загрузке их от уборочной машины в поле, чем при активной вентиляции в закромах, загруженных при помощи транспортера, доставленных самосвальными средствами от поля до хранилища.

Убранный картофель перевозят на пункты сортировки, в хранилища или на перерабатывающие предприятия в контейнерах, которые грузят на транспортное средство при помощи внедорожных погрузчиков. При транспортировании нескольких партий их размещение должно быть отдельным, исключающим возможность смешивания. Для выгрузки контейнеров в месте назначения применяют складской электропозвучик.

Семенной картофель хранят в специализированных помещениях, обеззараженных от вредителей и болезней, чтобы обеспечить сохранность в соответствии с требованиями стандарта.

Каждую партию семенного картофеля складывают отдельно, к контейнерам прикрепляют ярлыки, на которых указывают: название и адрес хозяйства (поставщик); наименование культуры, ботанического сорта; категорию; класс/поколение; номер партии; массу нетто упаковочной единицы или партии; число упаковочных единиц; форму и размер клубней; номер документа, удостоверяющего качество; обозначение настоящего стандарта; информацию о подтверждении соответствия.

Подготовка хранилищ и их загрузка.

Хранилища и контейнеры очищают от остатков урожая прошлого года и мусора сразу же по окончании их разгрузки. После ремонта хранилища, оборудование и тару дезинфицируют раствором формалина, а через двое суток проветривают. Прибывающий транспорт с картофелем после взвешивания на электронных весах и фиксации результата следует к приемному бункеру. Картофель загружают в бункер с помощью электропогрузчиков способом опрокидывания, затем перемещают транспортером на сортировку по величине на пять фракций (мелкие клубни и промежуточные фракции могут быть выделены отдельно). Отсортированный картофель подают двумя транспортерами к машинам для его чистки, откуда клубни попадают на специальные столы, где проходят визуальный контроль, поврежденные выбраковывают вручную. Затем картофель с помощью автоматической установки загружают в контейнеры, которые на электропогрузчиках направляют в хранилище.

Контейнеры с картофелем устанавливают в отдельные штабеля по сортам (3...5 ярусов, в зависимости от высоты потолка). Расстояние между краем верхнего контейнера и перекрытием должно быть не менее 80 см, штабелем и стенкой хранилища — 60 см. Ширина центрального проезда в хранилищах — не менее 2,5 м. В некоторых хранилищах все помещение заполняют контейнерами без проездов и вместимость значительно увеличивается.

Картофелехранилища.

Новые экспериментальные и типовые проекты хранилищ представляют собой комплексы, в состав которых входят здания и сооружения по приемке, послеуборочной и предреализационной обработке и хранению продукции. Отдельное помещение для яровизации (проращивание клубней, отобранных на посадку) устраивают в проветриваемых хранилищах для семенного картофеля с температурой воздуха 12...20°С и хорошим естественным освещением. В комплексах проектируемая высота помещений — 6 м, заполнения картофелем контейнеров — 5,5 м.

Хранилища заглубляют, используя теплоизоляционные свойства земли, чтобы оградить овощи от сильного охлаждения зимой и перегрева в теплое время года. При этом пол должен быть выше уровня грунтовых вод не менее чем на 1,5 м, что определяет величину заглубления. В хранилищах делают не менее двух входов или въездов. Для сквозного проезда автомобилей и проветривания их делают в торцевых стенах по продольным осям зданий. В хранилищах вместимостью менее 1000 т может быть один въезд (рис. 4).

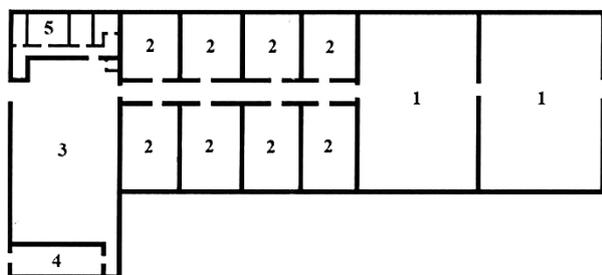


Рис. 4. Схема хранилища емкостью 8 тыс. т:

- 1 — секции хранения картофеля; 2 — камеры хранения овощей;
- 3 — цех фасовки; 4 — бокс для загрузки автотранспорта;
- 5 — административно-бытовые помещения.

Хранилище наземного типа состоит из двух секций для картофеля и восьми камер для овощей. К нему примыкает цех товарной обработки и фасовки продукции. Высота хранилища у продольной оси здания 7,5 м, продольных стен — 6,2 м. Хранят картофель в контейнерах емкостью 500 кг, уложенных в пять ярусов, общей высотой штабеля 5,5 м.

Необходимая температура хранения контролируется при помощи схемы активной вентиляции штабеля контейнеров. Приточный воздух, поступив внутрь штабеля, проходит между контейнерами, обтекая каждый из них, снимает тепло и водяные пары, выделяемые клубнями и удаляемые из контейнеров при помощи естественной вентиляции в межконтейнерное пространство.

Применение системы активной вентиляции позволяет снизить потери картофеля при хранении в 1,5...2 раза и значительно уменьшить затраты на эксплуатацию, по сравнению с теми же затратами при естественной вентиляции.

Благоприятные режимы хранения в весенне-летний период осуществляются сочетанием приточной вентиляции и искусственного охлаждения.

В зимнее время возможен подогрев воздуха с помощью отопительно-рециркуляционных агрегатов, включающих электрокалориферы и осевые вентиляторы. Это позволяет исключить выпадение конденсата влаги на поверхности стенок контейнера и клубни.

Режим хранения, температура и влажность.

В оборудованных хранилищах возможны систематическое наблюдение за качеством овощей, их переборка, регулирование режима.

При хранении картофеля необходимо постоянно контролировать основные параметры внешней среды (температура, относительная влажность воздуха) и принимать соответствующие меры по вентиляции, охлаждению, утеплению продукции в случае отклонения их от оптимальных значений.

Для контроля температуры используют самопишущие биметаллические термографы, которые в течение суток или недели непрерывно записывают температуру в электронную память. Большое значение для сохранности картофеля и овощей имеет относительная влажность воздуха. При низкой влажности овощи сохнут и увядают, слишком высокая приводит к развитию плесени и грибковых заболеваний, поверхность овощей увлажняется, и они начинают портиться.

Относительная влажность воздуха в хранилищах для большей части видов плодов и овощей находится в пределах 85...95%. Для контроля относительной влажности воздуха применяют психрометры, состоящие из «сухого» и «мокрого» термометров.

Хранение продовольственного картофеля.

На городских плодоовощных базах продовольственный картофель хранят в контейнерах, которые устанавливают по всей площади хранилища в 3...5 ярусов с зазорами между ними 50 мм, общая высота складирования 4...5,5 м. Между штабелями контейнеров оставляют проходы шириной не менее 1 м.

При хранении и транспортировании картофеля в контейнерах уменьшается количество механических повреждений, наносимых клубням при их перегрузке, упрощается механизация погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых с помощью вилочных электропогрузчиков.

Между штабелями контейнеров, уложенных на глинобитном полу и переслоенных песком, оставляют проходы шириной не менее 1 м или проезды — не менее 4 м.

Контейнеры с картофелем устанавливают в рабочем проезде или секциях хранилища электропогрузчиком или электроштабелером, которые применяют и для выгрузки из хранилища (рис. 5).

Контейнеры с семенным картофелем грузят на транспортное средство складским вилочным погрузчиком и доставляют к месту посадки, где работает внедорожный вилочный погрузчик, оснащенный кантователем. Он разгружает транспортное средство и загружает семенной картофель в сажалку в конце каждого гона. Удельные затраты труда при этом — 4...5 чел.-мин./т, то есть один человек может обеспечивать загрузку четырехрядной высокоскоростной сажалки.

Выводы. Разработана контейнерно-транспортная технология уборки селекционного картофеля первой полевой репродукции.

1. Область применения контейнеров начинается с объема равного по грузоподъемности одному европоддону, комплектуемого мешками или ящиками с семенами одного сорта. Это позволяет освободить двух человек от ручного труда по затариванию, укладке мешков и ящиков на поддоны.

2. Применение тары большего объема повышает производительность труда из-за увеличения периода непрерывной работы и надежности технологического процесса.

3. Уборочно-транспортная технология позволит использовать картофельный копатель с максимальной производительностью и минимизировать транспортный конвейер, обслуживающий комбайн, до трех единиц мобильной техники традиционной компоновки, которые можно заменить одним автомобилем повышенной проходимости грузоподъемностью от 2,5 т, оборудованным гидроманипулятором.

4. При увеличении транспортного плеча задачу проще решать повышением грузоподъемности транспортного средства с добавлением контейнеров.

5. Хранение картофеля в контейнерах позволяет полностью механизировать трудоемкие процессы погрузки и выгрузки, обеспечивает хорошую сохранность картофеля, облегчает и улучшает условия реализации после хранения.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку работы.



Рис. 5. Система транспортировки семян картофеля с помощью контейнеров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Евтюшенков Н.Е., Измайлов А.Ю., Крюков М.Л. и др. Технологии перевозки зерна и картофеля сменными кузовами. М.: ВИМ, 2013. 48 с.
2. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Технология перевозки овощей (рекомендации). М.: ВИМ, 2013. 40 с.
3. Измайлов А.Ю. Транспортная логистика в растениеводстве. М.: ВИМ, 2010. 54 с.
4. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Эффективность новых транспортных технологий в АПК // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 2. С. 32–37.
5. Измайлов А.Ю., Шилова Е.П., Калинин Г.А. и др. Перспективные технологии транспортного обеспечения в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 3. С. 39–43.
6. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Система транспортного обслуживания АПК. МШИМ, 2013. 114 с.
7. Колчин Н.Н., Елизаров В.П., Михеев В.В., Пономарев А.Г. Современные технологии и техника для подготовки семенного картофеля//Картофель и овощи. 2014. № 5. С. 27–29.
8. Левшин А.Г., Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Транспортное обеспечение производственных процессов. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. 160 с.
9. Пат. 2486077 С1 Российской Федерации, МГЖ В60Р 3/00. Транспортное средство для перевозки контейнеров // Власова С.В., Евтюшенков Н.Е., Измайлов А.Ю. и др.; ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, № 2011142937/11; заявл. 24.10.11; опубл.27.06.2013; Бюл. № 18.

REFERENCES

1. Evtushenkov N.E., Izmajlov A.Yu., Kryukov M.L. i dr. Tekhnologii perevozki zerna i kartofelya smennymi kuzovami. M.: VIM, 2013. 48 s.
2. Izmajlov A.Yu., Evtushenkov N.E. Tekhnologiya perevozki ovoshchej (rekomendacii). M.: VIM, 2013. 40 s.
3. Izmajlov A.Yu. Transportnaya logistika v rastenievodstve. M.: VIM, 2010. 54s.
4. Izmajlov A.Yu., Evtushenkov N.E. Effektivnost' novyh transportnyh tekhnologij v APK // Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2009. № 2. S. 32–37.
5. Izmajlov A.Yu., Shilova E.P., Kalinkin G.A. i dr. Perspektivnye tekhnologii transportnogo obespecheniya v sel'skom hozyajstve // Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2010. № 3. S. 39–43.
6. Izmajlov A.Yu., Evtushenkov N.E. Sistema transportnogo obsluzhivaniya APK. MSHIM, 2013. 114 s.
7. Kolchin N.N., Elizarov V.P., Miheev V.V., Ponomarev A.G. Sovremennye tekhnologii i tekhnika dlya podgotovki semennogo kartofelya//Kartofel' i ovoshchi. 2014. № 5. S. 27–29.
8. Levshin A.G., Izmajlov A.Yu., Evtushenkov N.E. Transportnoe obespechenie proizvodstvennyh processov. M.: FGOU VPO MGAU, 2007. 160 s.
9. Pat. 2486077 S1 Rossijskoj Federacii, MGZH V60R 3/00. Transportnoe sredstvo dlya perevozki kontejnerov // Vlasova S.V., Evtushenkov N.E., Izmajlov A.Yu. i dr.; GNU VIM Rossel'hoz akademii, № 2011142937/11; zayavl. 24.10.11; opubl.27.06.2013; Byul. № 18.

Поступила в редакцию 11.09.2023
Принята к публикации 25.09.2023

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Даба Нимаевич Раднаев, доктор технических наук
 Андрей Александрович Абидуев, доктор технических наук
 Александр Сергеевич Пехутов, доктор технических наук
 Петр Антонович Болоев, доктор технических наук
 Галия Ергешевна Кокиева, доктор технических наук

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,
 г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия
 E-mail: daba01@mail.ru

Аннотация. Освоение и создание высокопроизводительных сельскохозяйственных машин во многом ограничивается из-за низкой износостойкости отдельных деталей и узлов. Российские ученые, инженеры и техники, работающие над проблемой повышения долговечности машин, добились существенных результатов. Используемые в некоторых случаях расчеты деталей сельскохозяйственных машин на долговечность при их конструировании несовершенны. Отсутствуют обоснованные расчеты допустимых износов, обеспечивающих высокое качество работы машины. Изучением абразивного изнашивания рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин ученые занимаются на протяжении десятиков лет, но этот вопрос окончательно не решен. Нет представления о сущности абразивного износа и факторов, которые его управляют. Мало исследованы вопросы изнашивающей способности почвы, отсутствует определяющий ее критерий, связь износа рабочих органов почвообрабатывающих машин с основными теоретическими положениями земледельческой механики. Для расчета долговечности рабочих органов сельскохозяйственных машин найдены величины давлений, возникающих при их взаимодействии с почвой.

Ключевые слова: почвообрабатывающие машины, рабочие органы, абразивный износ, удельное давление, долговечность деталей

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE DURABILITY OF SOIL-CULTIVATING MACHINES WORKING BODIES OF PARTS

D.N. Radnaev, *Grand PhD in Engineering Sciences*
 A.A. Abiduev, *Grand PhD in Engineering Sciences*
 A.S. Pekhutov, *Grand PhD in Engineering Sciences*
 P.A. Boloev, *Grand PhD in Engineering Sciences*
 G.E. Kokieva, *Grand PhD in Engineering Sciences*

Filippov V.R the Buryat State Academy of Agricultural, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia
 E-mail: daba01@mail.ru

Abstract. The development and creation of high-performance machines for agricultural production is in many cases limited by the insufficient wear resistance of individual parts and assemblies. Russian scientists, engineers and technicians working on the problem of increasing the durability of machines have achieved significant results. However, theoretical conclusions and prerequisites for increasing durability and the method of calculating parts of agricultural machines for durability are not enough. The durability calculations of agricultural machine parts used in some cases during their design are imperfect. In addition, in most cases, there are no reasonable calculations of allowable wear that would ensure high quality machine operation, i.e. these calculations are not related to the tasks of preventive maintenance and operation of machines. A number of scientists have been studying the abrasive wear of working parts of soil-cultivating and seeding machines for decades, but this issue has not yet been finally resolved. Until now, there is no clear understanding of the essence of abrasive wear and the factors that determine it. Most of the work carried out on the study of abrasive wear of parts of working bodies of soil-cultivating machines is of a private nature. There are no works covering the study of the complex set of phenomena that occur during abrasive wear. At present, very little has been studied about the wear capacity of soils, there is no criterion that determines it, and there is no connection between the phenomena of wear of the working parts of soil-cultivating machines and the basic theoretical principles of agricultural mechanics. The study of the wear capacity of soils, as well as the determination of the magnitude of pressures that arise during the interaction of the working parts of agricultural machines with the soil, can be used when calculating the working parts of these machines for durability.

Keywords: tillage machines, working parts, abrasive wear, specific pressure, durability of parts

Характерная особенность современного машиностроения — создание машин повышенной производительности, малой металлоемкости, прочных, надежных и удобных в эксплуатации. Большинство деталей сельскохозяйственных машин в процессе работы сравнительно быстро теряют свои первоначальные качества из-за динамических нагрузок, абразивного износа и воздействия внешней среды. Сельскому хозяйству требуется значительно больше запасных

частей для замены изношенных деталей машин, чем угольной или нефтесырьевой промышленности, где степень механизации производственных процессов достигла высокого уровня. Быстрый износ деталей вызывает простой машин в ремонте. Поэтому мероприятия, связанные с улучшением качества сельскохозяйственных машин, увеличением их долговечности, приобретают большое народнохозяйственное значение. [1, 4, 6, 11–13]

Разработаны методы поверхностного упрочнения, в том числе наплавка различными сплавами, поверхностная закалка, гальваническое хромирование. [9, 10, 14] Проводят исследования по изменению и подбору конфигурации и размеров рабочих органов почвообрабатывающих машин, имеющих повышенную долговечность. [2, 3, 5, 7, 8] Мало изучены вопросы изнашивающей способности почв, отсутствует определяющий ее критерий, связь процесса износа рабочих органов почвообрабатывающих машин с основными теоретическими положениями земледельческой механики. Для раскрытия сущности абразивного износа недостаточно металловедческого анализа, необходимо изучить процесс взаимодействия рабочих органов с почвой в зоне соприкосновения почвенных частиц с рабочей поверхностью изнашиваемой детали.

Цель работы – изучить изнашивающую способность почв, определить величины давлений, возникающих при взаимодействии рабочих органов сельскохозяйственных машин с почвой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За эталонную абразивную среду принят чистый кварцевый песок, применяемый в силикатной промышленности, с размером частиц 0,25...0,30 мм и нулевой влажностью ($W = 0\%$). Натуральные почвы содержат наибольшее количество песчинок такого размера. Наличие кварцевых частиц в почве определяет ее абразивную способность. Принятие однородной абразивной среды за эталон во многом облегчает проведение исследований износостойкости деталей при износе нефиксированным абразивом в лабораторных условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для последовательности в решении вопроса расчета на долговечность деталей сельскохозяйственных машин, наряду с изучением общих закономерностей износа, следует также четко классифицировать детали, которые сравнительно быстро теряют свою работоспособность. Такая классификация значительно облегчает возможность создания единой теории и метода расчета для их группы, хотя общую закономерность и физическую сущность износа можно изучать на одной детали, характерной для данного класса (табл. 1).

Укрупненная классификация деталей сельскохозяйственных машин составлена на основе конструктивного сходства их по выполнению технологического процесса и вида износа. Все детали разбиты на девять основных классов. Каждый из них разделен на группы, из которых выделены подгруппы первого и второго порядка.

В классы деталей, работающих непосредственно в абразивной среде, а также деталей режущих аппаратов уборочных и кормоприготовительных машин входят основные, непосредственно соприкасающиеся с обрабатываемым объектом и выполняющие главную функцию в общем технологическом процессе. Большинство деталей этих классов – непарные.

Остальные шесть классов объединяют вспомогательные детали (парные) общего назначения, которые передают мощность, необходимую для выполнения рабочей функции основных деталей. Выход из строя непарных обусловлен искажением их геометрической

формы. Из приведенной классификации видно, что основные непарные детали подвержены абразивному износу, поэтому первоочередная задача исследований – изучить качественную и количественную стороны этого процесса.

Износ деталей зависит от качества металла, давления абразивной среды, изнашивающей способности абразива, времени протекания процесса или пути трения и выражается функцией:

$$\Delta G = f(P, L, S, m, H), \quad (1)$$

где P – давление абразива; L – путь трения; S – площадь трения; m – изнашивающая способность абразива; H – твердость металла.

Расчет на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин возможен, если известно влияние перечисленных факторов на абразивный износ.

Фактическое удельное давление превышает номинальное во много раз. При протаскивании образцов кварцевого песка по стальной и бронзовой пластинам установили, что только 8...10% песчинок, находящихся в контакте, истирают металл при своем перемещении. Значительная их часть в момент начального движения выходит из контакта и в процессе движения царапает металл на очень коротком пути своего перемещения. По характеру царапин можно судить о том, что, кроме скольжения песчинок, происходит их поворот и качение.

При повороте или выходе песчинок из контакта нарушается связь, имеющиеся между частицами, контактируемые с металлом, и расположенными выше, в так называемой граничной зоне. Поворачивающаяся песчинка вовлекает в движение вокруг себя другие, часть из которых вступает в контакт с металлом, его истирание при этом повторяется.

Таким образом, в процессе движения почвенных частиц в граничной зоне происходит непрерывная потеря и возобновление контакта. При возобновлении контакта более активные частицы, то есть те, которые удерживаются соседними частицами силой, большей, чем сопротивление скольжению внедрившейся частицы, истирают металл.

Исследования показали, что скорость относительного перемещения почвенных частиц по поверхностям рабочего органа почвообрабатывающих машин значительно меньше поступательной скорости самого рабочего органа.

Скорость относительного перемещения почвенных частиц в зоне контакта их с рабочим органом определяем по формуле:

$$v_{от} = v_n \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (2)$$

где v_n – поступательная скорость движения рабочего органа; α – угол установки рабочего органа к горизонту или направлению движения; φ – угол между направлением абсолютного перемещения грунта в граничной зоне и нормалью к рабочей поверхности.

Находим угол φ :

$$\varphi = \arctg \left(\frac{f - \varepsilon}{f + f_1 - \varepsilon} \operatorname{ctg} \alpha \right), \quad (3)$$

где f – коэффициент трения грунта о поверхность рабочего органа; f_1 – коэффициент трения грунта о грунт; ε – величина отношения усилия подпора к силе трения.

Таблица 1.

Укрупненная классификация деталей сельскохозяйственных машин

Класс	Группа	Подгруппа	
		первого порядка	второго порядка
Детали, работающие в абразивной среде	одиночные	1. Лемехи 2. Отвалы 3. Диски борон 4. Зубья борон 5. Лапы культиваторов 6. Сошники сеялок 7. Опорные детали машин	— — — — — 1. Дисковые 2. Анкерные 1. Ободы колес 2. Башмаки, траки и зацепы 3. Покрышки
	парные	1. Шарниры гусениц 2. Встряхиватели картофелеуборочных машин 3. Поддерживающие ролики в картофелеуборочных машинах 4. Звенья элеваторов картофелеуборочных машин	— — — —
Детали режущих аппаратов борочных машин	1. Сегменты ножей	—	—
	2. Противорежущие пластинки	—	—
	3. Пластинки трения	—	—
	4. Прижимные лапки	—	—
	5. Спинки ножей	—	—
	6. Пальцы пальцевых брусьев	—	—
Детали рабочих органов кормоприготовительных машин	1. Ножи	—	—
	2. Противорежущие пластинки	—	—
	3. Молотки дробилок	—	—
	4. Деки дробилок	—	—
	5. Вальцы зерноплющилок	—	—
	6. Шипы жмыхо-дробилок	—	—
	7. Пальцы картофелемялок	—	—
	8. Решетки картофелемялок	—	—
	9. Шнеки кормосмесителей	—	—
	10. Кожухи кормосмесителей	—	—
Валы и подшипники	1. С постоянной нагрузкой	1. Подшипники шариковые	1. Радиальные 2. Упорные 3. Радиально-упорные
	2. Со знакопеременной нагрузкой		1. Ролики цилиндрические 2. Ролики бочкообразные 3. Ролики конические 4. Ролики игольчатые
	3. С ударной нагрузкой	2. Подшипники роликовые	
	4. С движением качения	3. Подшипники скольжения	—
Шестерни	1. Цилиндрические	1. С прямым зубом	—
	2. Конические	2. С косым зубом	—
Цепи и звездочки	1. Цепи	1. Роликовые 2. Крючковатые 3. Комбинированные	— — —
	2. Звездочки	1. Роликовых цепей 2. Крючковатых цепей 3. Комбинированных цепей	— — —
Ремни приводные	1. Плоские	—	—
	2. Клиновидные	—	—
Рессоры и пружины	1. Рессоры	1. Однолистовые 2. Многолистовые	— —
	2. Пружины	1. Плоские 2. Спиральные	— —
Шлицевые соединения	1. Прямоугольные	1. Центрированные по боковым сторонам 2. Центрированные по наружному диаметру 3. Центрированные по внутреннему диаметру	— — —
	2. Эвольвентные	—	—
	3. Треугольные	—	—

Таблица 2.

Гранулометрический состав каштановой почвы Забайкалья при различных системах ее обработки

Система обработки	Глубина, см	Количество частиц различного диаметра, %						
		0...0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	< 0,001	< 0,01
Отвальная	0...20	28,4	34,0	21,9	4,8	5,4	5,5	15,7
	20...30	28,8	34,5	18,7	4,3	6,9	6,8	18,0
Плоскорезная	0...20	26,8	33,2	21,4	4,8	6,9	6,9	16,6
	20...30	29,4	31,8	19,8	5,5	5,9	7,6	18,7
Комбинированная	0...20	28,2	33,3	22,1	4,2	6,1	6,1	16,4
	20...30	29,1	35,0	20,0	4,3	5,2	6,4	15,8

Необходимо изучить влияние различных свойств почвы на абразивный износ, а также классифицировать почвы по их изнашивающей способности.

Исследование проводили в лабораторных и полевых условиях на пяти видах почв (табл. 2–4). Полевые опыты выполняли с лемехами, отвалами и полевыми досками, лабораторные – с образцами круглой формы на специальной установке.

Процесс изменения гранулометрического состава почвы наблюдается при различных системах обработки, но интенсивность его меньше, чем на бессменном пару в почве и севообороте (табл. 2). При отвальной системе обработки почвы в слое 0...20 см – наибольшее снижение содержания илистой фракции. В результате ветровой эрозии происходит безвозвратное отчуждение почвы за пределы поля и ухудшается ее механический состав.

Данные химического анализа не обнаруживают миграции веществ по профилю каштановой почвы (табл. 3).

Для более полного представления о влиянии влажности на износ провели специальные опыты со всеми образцами почв. Существует предел влажности для каждой почвы, при котором наблюдается наибольшая абразивная способность (табл. 4).

Почвы расположены в порядке убывания их изнашивающей способности, наибольшей обладает песчаная, наименьшей – глинистая.

Таблица 3.

Химический состав исследуемых почв, %

Проба	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Прочие примеси	Сумма
1	64,69	17,9	4,20	2,83	0,11	Нет	2,42	97,66
2	62,00	17,75	2,40	2,79	0,18	–	2,85	96,17
3	66,60	15,4	3,60	1,6	0,19	–	1,51	98,70
4	68,44	16,15	3,80	2,53	0,27	Следы	1,81	98,20
5	68,20	10,95	3,60	1,06	0,17	Нет	2,52	97,00

Таблица 4.

Изменение изнашивающей способности почв в зависимости от влажности

Почва	Коэффициент изнашивающей способности при влажности, %			
	5	10	15	20
Каштановая песчаная	1,57	1,85	2,4	1,4
Каштановая суглинистая	0,57	1,07	1,23	0,64
Темно-каштановая глинистая	0,49	0,71	0,51	0,33

Чем больше внутреннее сцепление частиц почвы, тем менее они свободны и больше изнашивают образец, и наоборот.

Опыты показали, что износ находится в прямой зависимости от удельного давления (p):

$$\Delta G = kp, \tag{4}$$

где *k* – коэффициент, который зависит от физико-механических свойств почвы.

Мощность трения также возрастает с увеличением удельного давления:

$$N_m = a + bp, \tag{5}$$

где *a* и *b* – коэффициенты, зависящие от свойств почвы при одном и том же материале испытуемых образцов.

При постоянной влажности коэффициенты изнашивающей способности почвы не изменяются, несмотря на разное удельное давление.

Полевые опыты, проведенные с деталями рабочих органов почвообрабатывающих машин, показали, что почвы по изнашивающей способности располагаются в такой же последовательности, как и при лабораторных исследованиях.

В качестве примера приводим расчеты долговечности серийного лемеха из стали Л53. Для различных почв при давлении 0,05 Н/см² интенсивность износа колеблется от 0,2 до 2,5 мг/сек., то есть увеличивается в 12,5 раза, мощность трения – в 1,37 раза. Не всегда большему износу соответствует большая работа трения. При давлении 0,08 Н/см² для песчаной почвы износ составил 2000 мг, работа трения – 71000 Нм, для суглинистой при том же давлении – 270 мг (в 7,4 раза меньше), работа трения – 6000 Нм (в 1,28 раза меньше). Этот пример показывает, что только незначительная часть работы трения затрачивается непосредственно на износ, то есть на удаление микростружек частицами почвы.

Чтобы найти нормальное давление на рабочие органы почвообрабатывающих машин была сконструирована специальная электроизмерительная установка. Опыты по определению давления грунта на лемех и отвал тракторного плуга проводили на всех видах почв. Наибольшее давление действует на носок лемеха – 0,042...0,06 Н/см² для глинистой почвы и 0,018...0,022 Н/см² песчаной. Давление почвы у пятки лемеха на 30...40% меньше, чем на носке. У нижней части груди отвала для глинистой почвы давление находится в пределах 0,015...0,018 Н/см², верхней – 0,001...0,0015 Н/см². Давление почвы на отвал падает по его высоте. Наибольшее давление на крыле отвала у нижнего обреза (0,004...0,006 Н/см²).

Найденные величины давлений можно использовать для расчета долговечности рабочих органов сельскохозяйственных машин.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бернштейн Д.Б. Абразивное изнашивание лемешного лезвия и работоспособность плуга // Тракторы и сельхозмашины. 2002. № 6. С. 39–42.
2. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 206–212.
3. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. Прогнозирование ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. 2015. № 11. С. 6–9.
4. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П. и др. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 3. С. 5–7.
5. Новиков В.С. Методика расчета почворезущих рабочих органов на долговечность. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. № 2. 2008. С. 143–149
6. Сидоров С.А. Методика расчета на износостойкость моно- и биметаллических почворезущих рабочих органов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 12. С. 35–39.
7. Сидоров С.А. Методика расчета рабочих органов почвообрабатывающих машин на прочность // Лесной вестник. 2008. № 2. С. 74–79.
8. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K. et al. Novel High-Alloy Boron-Containing Steels for Driven Elements of Tilling Machines // Metal Science and Heat Treatment. 2017. Vol. 59. Pp. 208–210. DOI: 10.1007/si 1041-017-0130-0
9. Lobachevskii Y.P., Au-lov V.F., Ishkov A.V. et al. Method for Preparing an Efficient Master Alloy for Steel Bonding // Metallurgist. 2019. Vol. 62. Pp. 986–993. DOI: 10.1007/sl 1015-019-00731-z
10. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevsky Y.P. et al. Modeling the Technological Process of Tillage // Soil & Tillage Research. 2019. Vol. 190. Pp. 70–77. DOI: 10.1016-j.still.2018.12.004
11. Ryabov V.V., Motovilina G.D., Khlusova E.I. et al. Study of the Structure of New Wear-Resistant Steels for Agricultural Machinery Components After Operational Tests // Metallurgist. 2016. Vol. 60. Pp. 839–844. DOI: 10.1007/si 1015-016-0374-8
12. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Y.P. et al. Improving Wear Resistance of Agricultural Machine Components by Applying Hard-Alloy Thick-Layer Coatings Using Plasma Surfacing // Metallurgist. 2017. Vol. 60. Pp. 1290–1294. DOI: 10.1007/s 11015-017-0443-7
13. Sidorov S.A., Lobachevskii Ya.P., Khoroshenkov V. K. et al. Wear and Breakage Resistance of Hard Alloy Coatings Strengthened with Tungsten Carbide //Metallurgist. 2018. Vol. 61. Pp. 1023–1028. DOI: 10.1007/s11015-018-0602-5
14. Sidorov S.A., Mironov D.A., Khoroshenkov V.K., Khlusova E.I. Surfacing Methods for Increasing the Service Life of Rapidly Wearing Working Tools of Agricultural Machines // Welding International. 2016. Vol. 30, Issue 10. Pp. 808–812. DOI: 10.1080 09507116.2016.114S408

REFERENCES

1. Bernshtejn D.B. Abrazivnoe iznashivanie lemeshnogo lezviya i rabotosposobnost' pluga // Traktory i sel'hozmashiny. 2002. № 6. S. 39–42.
2. Erohin M.N., Novikov V.S., Petrovskij D.I. K voprosu ob importozameshchenii rabochih organov zarubezhnyh pochvoobrabatyvayushchih mashin // Trudy GOSNITI. 2015. T. 121. S. 206–212.
3. Erohin M.N., Novikov V.S., Petrovskij D.I. Prognozirovaniye resursa rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin // Sel'skij mekhanizator. 2015. № 11. S. 6–9.
4. Izmajlov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskij Ya.P. i dr. Nauchnye principy povysheniya iznosostojkosti rabochih organov pochvoobrabatyvayushchej tekhniki // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2012. № 3. S. 5–7.
5. Novikov V.S. Metodika rascheta pochvorezhushchih rabochih organov na dolgovechnost'. Vestnik FGOU VPO MGAU. № 2. 2008. S. 143–149
6. Sidorov S.A. Metodika rascheta na iznosostojkost' mono- i bimetallicheskikh pochvorezhushchih rabochih organov // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. 2003. № 12. S. 35–39.
7. Sidorov S.A. Metodika rascheta rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin na prochnost' // Lesnoj vestnik. 2008. № 2. S. 74–79.
8. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K. et al. Novel High-Alloy Boron-Containing Steels for Driven Elements of Tilling Machines // Metal Science and Heat Treatment. 2017. Vol. 59. Pp. 208–210. DOI: 10.1007/si 1041-017-0130-0
9. Lobachevskii Ya.P., Au-lov V.F., Ishkov A.V. et al. Method for Preparing an Efficient Master Alloy for Steel Bonding // Metallurgist. 2019. Vol. 62. Pp. 986–993. DOI: 10.1007/sl 1015-019-00731-z
10. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevsky Ya.P. et al. Modeling the Technological Process of Tillage // Soil & Tillage Research. 2019. Vol. 190. Pp. 70–77. DOI: 10.1016-j.still.2018.12.004
11. Ryabov V.V., Motovilina G.D., Khlusova E.I. et al. Study of the Structure of New Wear-Resistant Steels for Agricultural Machinery Components After Operational Tests // Metallurgist. 2016. Vol. 60. Pp. 839–844. DOI: 10.1007/si 1015-016-0374-8
12. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Y.P. et al. Improving Wear Resistance of Agricultural Machine Components by Applying Hard-Alloy Thick-Layer Coatings Using Plasma Surfacing // Metallurgist. 2017. Vol. 60. Pp. 1290–1294. DOI: 10.1007/s 11015-017-0443-7
13. Sidorov S.A., Lobachevskii Ya.P., Khoroshenkov V.K. et al. Wear and Breakage Resistance of Hard Alloy Coatings Strengthened with Tungsten Carbide //Metallurgist. 2018. Vol. 61. Pp. 1023–1028. DOI: 10.1007/s11015-018-0602-5
14. Sidorov S.A., Mironov D.A., Khoroshenkov V.K., Khlusova E.I. Surfacing Methods for Increasing the Service Life of Rapidly Wearing Working Tools of Agricultural Machines // Welding International. 2016. Vol. 30, Issue 10. Pp. 808–812. DOI: 10.1080 09507116.2016.114S408

Поступила в редакцию 26.09.2023
Принята к публикации 10.10.2023

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ДОЗИРОВАНИЯ СУХИХ СЫПУЧИХ КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМА**Сергей Юрьевич Булатов, доктор технических наук****Владимир Николаевич Нечаев, кандидат технических наук****Алексей Николаевич Пронин, аспирант****Оксана Александровна Тареева, кандидат технических наук****Анатолий Евгеньевич Шамин, доктор экономических наук***Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино, Нижегородская обл., Россия*

E-mail: bulatov_sergey_urevich@mail.ru

Аннотация. Развитие интенсивных технологий ведения сельского хозяйства невозможно без внедрения современных методов. Проблема производства комбикормов может быть решена не только разработкой новых машин и оборудования, но и внедрением современных систем управления. В статье проанализированы существующие системы управления дозаторами. Выявлено, что практически все программы предназначены для работы в ограниченных условиях, некоторые из них не учитывают ряд факторов, влияющих на точность подачи материала. Поэтому предложена программа управления двухшнековым дозатором. Чтобы ее разработать отталкивались от технологического процесса дозирования. Учитывали возможность управления двумя шнеками: сначала включается большой шнек (привод от асинхронного или шагового электродвигателя) и подает основную часть, затем он выключается и включается второй малый шнек (привод от асинхронного или шагового электродвигателя), который досыпает оставшуюся часть. При этом сигналы о количестве материала передаются от датчиков взвешивания (тензометрические). Предлагаемая программа управления двухшнековым дозатором разработана для ПЛК TM241C24R на языке программирования Structured Text (ST), одном из языков стандарта IEC61131-3, в среде EcoStructure Machine Expert. Управление выведено на жидкокристаллический дисплей. На главном экране отображается основная информация: параметры электродвигателя, рецепт и показания взвешивающих датчиков. Программа позволяет работать с дозаторами в нескольких режимах. В автоматическом каждый дозатор подает только один компонент. В режиме ручного управления запуск и остановка дозаторов осуществляется оператором с панели управления. При этом возможно задавать частоту вращения вала дозатора. В режиме дозирования двумя шнеками подается один компонент. Предложенная программа поможет повысить точность дозирования в автоматическом режиме.

Ключевые слова: дозатор, дозирование, параметры, программа управления, сыпучие компоненты, точность дозирования

CONTROL PROGRAM FOR THE DOSING SYSTEM OF DRY BULK FEED COMPONENTS**S.Yu. Bulatov, Grand PhD in Engineering Sciences****V.N. Nechaev, PhD in Engineering Sciences****A.N. Pronin, PhD Student****O.A. Tareeva, PhD in Engineering Sciences****A.E. Shamin, Grand PhD in Economics Sciences***Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Nizhny Novgorod region, Knyaginino, Russia*

E-mail: bulatov_sergey_urevich@mail.ru

Abstract. The development of intensive farming technologies is impossible without the introduction of modern technologies. The problem of compound feed production in the voiced aspect can be solved not only through the development of new machines and equipment, but also the introduction of modern control systems. The article presents an analysis of existing dispenser control systems. Based on the analysis of programs and control systems, it was revealed that almost all programs are designed to work in limited conditions, some of them do not take into account a number of factors affecting the accuracy of the material supply. Therefore, a control program for a twin-screw dispenser is proposed. When developing the management program, we started from the technological process of dosing. The possibility of controlling two augers was taken into account: first, a large auger (driven by an asynchronous electric motor) turns on and feeds the main part, then it turns off and the second small auger (driven by an asynchronous or stepper motor) turns on, which carries out the filling of the remaining part. In this case, signals about the amount of material supplied are transmitted from weighing sensors (strain gauges). The proposed control program for the twin-screw dispenser is developed for the TM241C24R PLC in the Structured Text (ST) programming language, one of the languages of the IEC61131-3 standard, in the EcoStructure Machine Expert programming environment. The control is displayed on a liquid crystal display. The main screen displays basic information: the parameters of the electric motor, the recipe and the readings of the weighing sensors. The program allows you to control the operation of dispensers in several modes. In automatic mode, each dispenser supplies only one component. In manual control mode, the dispensers are started and stopped by the operator from the control panel. In this case, it is possible to set the rotation speed of the dispenser shaft. In the dosing mode with two augers, one component is dispensed with two augers. The proposed program will improve the accuracy of dosing in automatic mode.

Keywords: dispenser, dosing, parameters, control program, bulk components, dosing accuracy

Поддержание и развитие отрасли животноводства вносит ощутимый вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны. Для достижения высоких показателей реализуются технологии интен-

сивного ведения производства, где важна сбалансированность кормов. [6] Комбикорма, произведенные в России, по качественным показателям не уступают импортным. [1] Качество комбикормов зависит от точ-

ности введения необходимых компонентов, что обеспечивается соответствующим оборудованием – дозаторами. [19, 20] Для повышения точности дозирования внедряют программы для их управления. [3]

При решении узкоспециализированных задач иногда применяют смешанные способы управления дозаторами. Например, в изобретении RU 64018 U1 дозирование реализуется механическо-электрическим способом за счет замыкания контактов эксцентриком. Масса выданного материала задается через количество доз на пульте управления. [8] При патентном поиске найдены устройства и способы управления дозаторами, применяемые в Советском Союзе.

Интенсивное развитие промышленной электроники, разработка унифицированных ПЛК, периферийных устройств и исполнительных механизмов позволили существенно улучшить показатели систем управления: увеличилась гибкость АСУ ТП; уменьшились размеры и стоимость; возросло количество контролируемых и управляемых параметров и другое. В Белгородском государственном технологическом университете имени В.Г. Шухова на базе микроконтроллера STM32F303VCT6 предложена программа, управляющая работой электропривода ленточного весового дозатора по системе ШИП-ДПТ. Программа регулирует пропускную способность ленточного конвейера из-за изменения частоты вращения вала электродвигателя, получает сигналы от весовых датчиков и датчика скорости ленты. [12] Сама система управления конвейерного весового дозатора основана на двухконтурном управлении, один из которых контролирует пропускную способность конвейера, второй – частоту вращения вала электродвигателя. Программа по первому контуру сравнивает заданную пропускную способность с фактической и корректирует частоту вращения вала электродвигателя по второму контуру. [9] Слабая сторона программы – управление работой одним электродвигателем. Несоответствие блока самонастройки и корректирующего фильтра динамически изменяемым параметрам дозирующих устройств усложняет адаптацию системы управления при подаче двух потоков материалов. Данный недостаток устранен в изобретении RU 59276 U1 из-за введения в систему двух контуров управления. Разомкнутый контур отвечает за стабилизацию текущего соотношения двух потоков материалов, а замкнутый стабилизирует интегральное соотношение потоков. [7] Разработчикам из холдинговой компании «Сибирский цемент» и Кемеровского технологического института пищевой промышленности удалось улучшить качество цементного композита созданием программы управления весовыми дозаторами. Блоки управления и дозирования системы выстроены по теории вейвлет-преобразований. Обработка сигналов от датчиков скорости и веса происходит на базе алгоритма вейвлет-поиска соответствия. [18] Некоторые исследователи в производстве фтористого водорода предлагают управлять асинхронным электродвигателем, применяя ST-метод (с помощью переключающей таблицы), отмечая его преимущество перед векторным управлением с ориентацией по полю. Авторы считают, что это повышает качественные показатели готового продукта и надежность оборудования. [10] При этом оценка работоспособности программ управления может осуществляться с помощью компьютерного моделирования. А.Г. Бурцев, Е.В. Ма-

тюнина при оценке системы автоматического управления производительностью ленточного дозатора карбида кремния показали, что при воздействии весового датчика в интервале от минус 20 до 20%, регулятор системы управления в автоматическом режиме способен корректировать пропускную способность конвейера. При этом время перехода составляет 0,6 сек., а перерегулирование – 20%. [4] Д.А. Шестов, Д.В. Шилин предложили программу настройки работы весового ленточного дозатора, разработанную в среде Matlab. Авторы заявляют, что с помощью программы можно смоделировать подачу дозируемого материала на ленту, оценить динамические параметры дозатора и асинхронного электродвигателя, который выступает в качестве привода. Отличительная особенность программы – возможность настройки не только классических регуляторов управления асинхронным двигателем, но и интеллектуальных алгоритмов. [15] Исследователи из Сибирского федерального университета при разработке строительного 3D-принтера сделали вывод, что непрерывные регуляторы уступают нейро-нечетким, обладающим способностью обучения и цифровизации. [5] Для управления весовыми дозаторами предложена программа «TAURAS-FENIX» (ЗАО «Таурас-Феникс»), которая принимает сигналы со взвешивающих устройств (AD-105C) и управляет приводами шаговых дозаторов (шаговые электродвигатели). Также программа помогает проводить диагностику неисправностей системы управления дозатора и контролировать его работоспособность. [11] Минусы – возможность управления только шаговыми электродвигателями, так как такой вид дороже асинхронных. Кроме программ непосредственного управления дозаторами разработаны вспомогательные, например, колеровочная Tinter для автоматических дозаторов (обслуживающая программа). С ее помощью из баз данных оператор выбирает наименование продукта, размер тары, в которую насыпают материал, формирует команды работы дозатора, осуществляет заполнение колерантами, корректирует цвет. [17] Известны программы определения координат расположения дозатора и объекта, в который подается дозируемый материал. [13, 14]

Анализ программ и систем управления показал, что практически все они предназначены для работы в ограниченных условиях, некоторые не учитывают факторы, влияющие на точность подачи материала, например, высоту его падения. [2] Чтобы повысить точность дозирования компонентов комбикорма, нами разработан двухшнековый дозатор, для управления рабочим процессом которого необходима соответствующая программа.

Цель исследования – составить программу управления дозатором сухих сыпучих компонентов комбикорма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При разработке программы управления учитывали технологический процесс дозирования. Особенность предлагаемого дозатора – наличие двух шнеков. Большой предназначен для подачи основной массы материала, он вращается с помощью асинхронного двигателя. Оставшаяся масса подается вторым шнеком. По диаметру он значительно меньше первого. В его задачи входит досыпать оставшуюся от заданной массы

часть с необходимой точностью. Привод второго шнека может быть осуществлен как асинхронным, так и шаговым электродвигателем. Поэтому программу составляли с возможностью управления двумя шнеками: сначала включается большой и подает основную часть, далее он выключается и включается второй малый, досыпающий остальную часть. Сигналы о количестве материала подаются от датчиков взвешивания (тензометрические).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемая программа разработана для ПЛК TM241C24R на языке программирования Structured Text (ST), одном из языков стандарта IEC61131-3, в среде EcoStruxure Machine Expert. [16] Управление выведе-

дено на жидкокристаллический дисплей. На главном экране отображаются: параметры электродвигателя, рецепт и показания взвешивающих датчиков (рис. 1).

В автоматическом режиме работой дозаторов управляет программа, включая и отключая дозатор, изменяя частоту вращения вала рабочего органа. В данном режиме каждый дозатор подает только один компонент. При этом предварительно вводят данные, характеризующие работу дозаторов. В меню выбора рецептов указываются общая масса навески, доля компонентов в ней (кг или %) (рис. 2).

В меню выбора технологических параметров: частота вращения вала дозатора – основная и в режиме досыпки; переключение частоты вращения вала с основной на частоту вращения досыпки; масса, при которой останавливается дозатор (рис. 3). Дополнительно

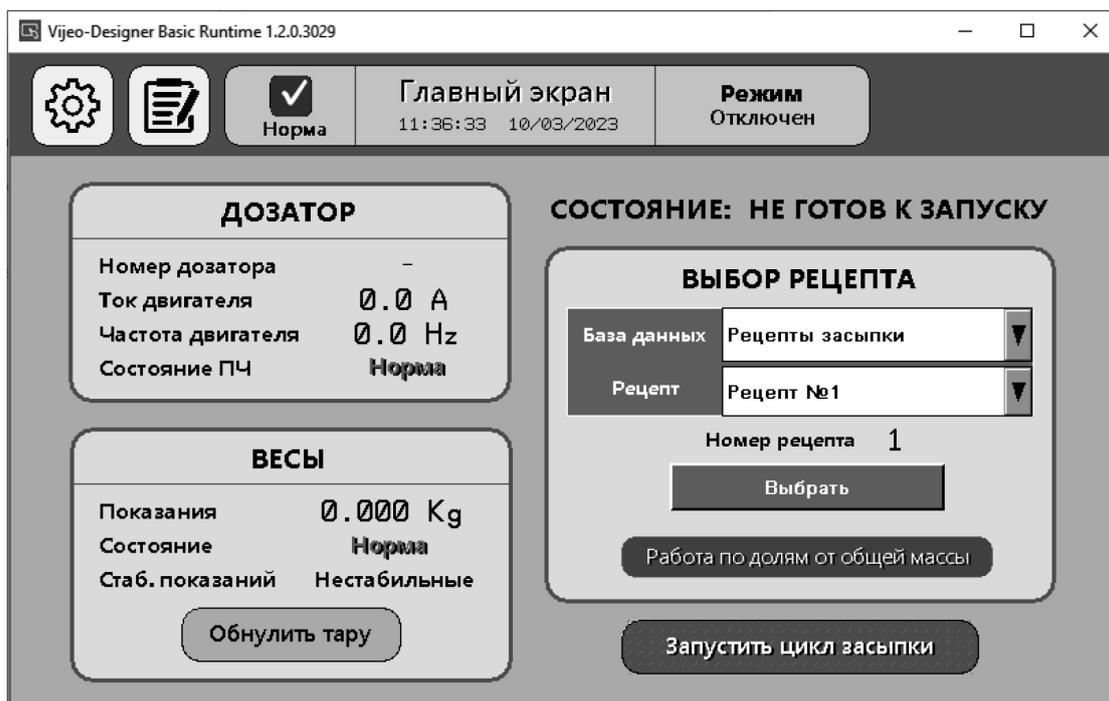


Рис. 1. Главный экран меню управления.

База данных	Рецепты засыпки		▼
Рецепт	Рецепт №1		▼
<input type="checkbox"/> Выбрать	Общая масса навески [кг]	10.0	▲
<input type="checkbox"/> Сохранить	Доля компонента №1 [%]	20	
<input checked="" type="checkbox"/> Выгр. из ПЛК	Доля компонента №2 [%]	20	
<input type="checkbox"/> Сравнить	Доля компонента №3 [%]	10	
<input type="checkbox"/> Удалить	Доля компонента №4 [%]	10	
<input type="checkbox"/> Создать	Доля компонента №5 [%]	20	
	Доля компонента №6 [%]	20	▼

Рис. 2. Меню выбора рецепта.

Параметры						
Номер дозатора	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Уставки частоты дозаторов [Гц]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Уставки досыпки дозаторов [Гц]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Уставки упреждения досыпки [кг]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Задержка между этапами засыпки [с]						0
Уставка включения скорости досыпки [%]						0
Таймаут (защита) этапов засыпки [с]						0

Рис. 3. Меню выбора технологических параметров.

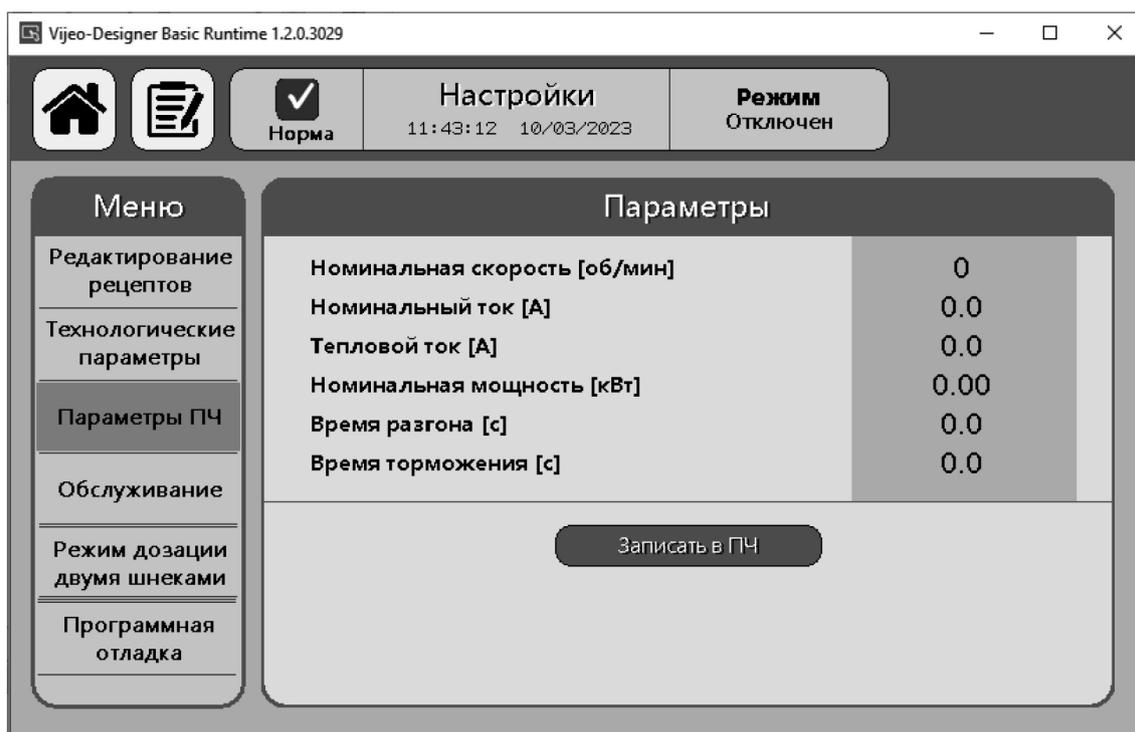


Рис. 4. Меню настройки частотного преобразователя.

но вводят параметры работы частотного преобразователя, управляющего электродвигателем: номинальный и тепловой ток двигателя, его номинальная мощность, частота вращения вала, время разгона и торможения (рис. 4).

Оператор запускает и останавливает дозаторы с панели управления. При этом возможно задавать частоту вращения вала дозатора (рис. 5). Данный режим предназначен для выгрузки оставшегося в бункере материала при обслуживании оборудования.

При дозировании одного компонента двумя шнеками в соответствующем окне задается его масса в про-

центном соотношении, которая должна быть подана первым дозатором, остальная часть – вторым. Режим позволяет более точно вносить компоненты, минимизируя погрешность дозирования.

При возникновении ошибок информация о них автоматически записывается в журнал. Указывается наименование ошибки и время. В случае аварийной ситуации на экране появляется оповещение.

Выводы. Предложенная программа управления системой дозирования компонентов комбикорма поможет повысить точность дозирования в автоматическом режиме.

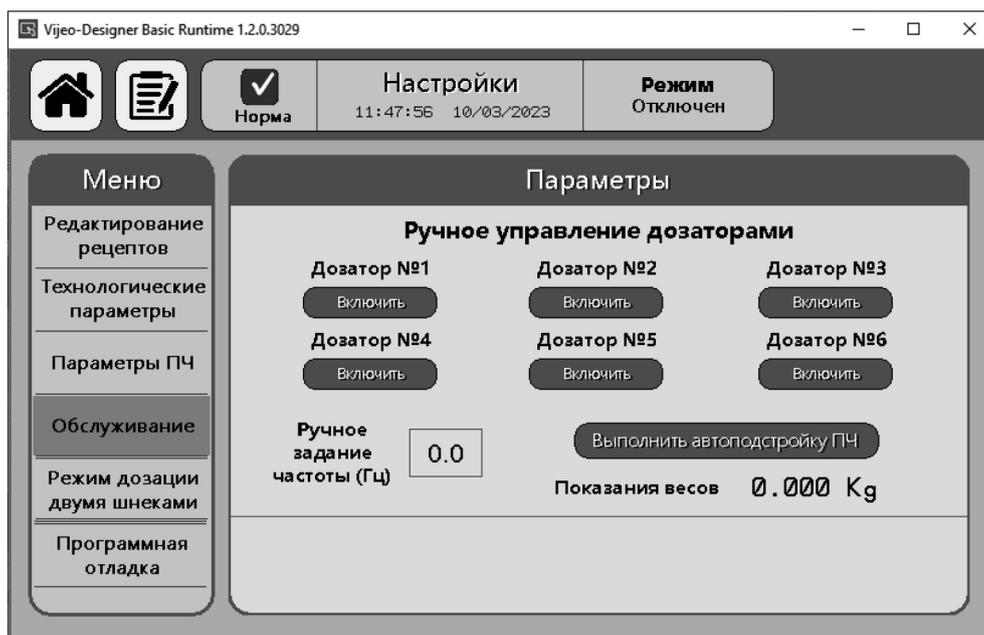


Рис. 5. Меню управления дозаторами в ручном режиме.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аржанкова Ю.В., Томаева О.Н. Рост цыплят-бройлеров при использовании комбикормов отечественного и импортного производства // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(41). С. 10–20.
2. Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Сергеев А.Г., Савиных П.А. Результаты исследований весового дозирования ингредиентов комбикорма // Техника и оборудование для села. 2021. № 1 (283). С. 20–24.
3. Буркина А.С. Совершенствование развития процесса дозирования комбикормов // В сб.: Студенческие научные исследования. Сборник статей XVII Межд. науч.-практ. конф. Пенза, 2023. С. 76–78.
4. Бурцев А.Г., Матюнина Е.В. Разработка и исследование системы автоматического управления производительностью ленточного дозатора карбида кремния // В сб.: Научно-практическая конференция студентов ВПИ (филиал) ВолгГТУ «Наука молодых: идеи, результаты, перспективы». 2016. С. 32–33.
5. Емельянов Р.Т. Прокопьев А.П., Баранова Г.П. и др. Автоматизированная нейро-нечеткая система управления приводом шнекового дозатора печатающей головки строительного 3D-принтера // Инженерный вестник Дона. 2023. № 2 (98). С. 504–519.
6. Каиров В.Р., Газзаева М.С., Гатчиев М.А. Продуктивность и качественные показатели мяса цыплят-бройлеров при скармливании в составе рациона // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. 57(1). С. 68–73.
7. Патент на полезную модель № 59276 U1. Адаптивная система управления конвейерным непрерывно-поточным дозатором / Сажин С.Г., Виноградов С.В., Луконин В.П., Смирнов И.В.; правообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный технический университет. № 2006110223/22; заявл. 29.03.2006; опубл. 10.12.2006.
8. Патент на полезную модель № 64018 U1. Устройство для управления дозатором кормораздатчика / Трутнев М.А., Трутнев Н.В., Медведев А.А., Ильющенко Ю.В.; правообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова. № 2007104795/22; заявл. 07.02.2007; опубл. 27.06.2007.
9. Погорелов А.В. Разработка системы управления конвейерного весового дозатора на базе контроллера STM32 // В сб.: Образование, наука, производство. VIII Межд. молод. форум. 2016. С. 1709–1712.
10. Робканов Д.В., Дементьев Ю.Н., Кладиев С.Н. Прямое управление моментом в асинхронном электроприводе шнека дозатора // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 308. № 3. С. 140–143.
11. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2015616450. Программа управления весовым дозатором «TAURAS-FENIX»; правообладатель Закрытое акционерное общество «Таурас-Феникс». № 2015613565; заявл. 29.04.2015; опубл. 10.06.2015.
12. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2017616433. Программа для управления электроприводом ленточного весового дозатора с двигателем постоянного тока / Погорелов А.В., Прокопишин Д.И., Солдатенков А.С.; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова». № 2017613276; заявл. 12.04.2017; опубл. 07.06.2017.
13. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020661680. Программа для системы технического зрения для определения координат дозатора и объекта для дозирования / Вибе Д.В.; правообладатель Вибе Дмитрий Владимирович. № 2020660868; заявл. 22.09.2020; опубл. 29.09.2020, Бюл. № 10.
14. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020667489. Программа для системы технического зрения для позиционирования дозатора над объектом дозирования / Семенча А.В., Габриель А.С., Клинков В.А., Вибе Д.В.; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего

- образования “Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого” (ФГАОУ ВО “СПбПУ”). № 2020666614; озаявл. 15.12.2020; опубл. 23.12.2020, Бюл. № 1.
15. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021618620. Программа для исследования режимов работы весового ленточного дозатора / Шестов Д.А., Шилин Д.В.; правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»). № 2021617885; заявл. 24.05.2021; опубл. 31.05.2021, Бюл. № 6.
 16. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023661766. Программа управления системой дозирования сухих сыпучих компонентов / Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Пронин А.Н., Тареева О.А.; правообладатель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (НГИЭУ). № 2023619279; заявл. 15.05.2023; опубл. 01.06.2023, Бюл. № 6.
 17. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023668383. Колеровочная программа tinter для автоматических дозаторов / Гурин А.А., Сырейщиков А.В.; правообладатель Сырейщиков Алексей Владимирович, Гурин Анатолий Анатольевич. № 2023667620; заявл. 17.08.202328; опубл. 08.2023, Бюл. № 9.
 18. Судаков И.В. Управление весовыми дозаторами в производстве сухих смесей // И.В. Судаков, А.А. Симикина, А.Б. Троицкий, Б.А. Федосенков // В сб.: Пищевые инновации и биотехнологии. Мат. Межд. науч. конф. ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». 2015. С. 245–247.
 19. Chongchitpaisan P.A., Sudsawat S. Review on Screw Conveyors for Bulk Materials in Various Applications // *Ladkrabang Engineering Journal*. 2022. № 39. P. 2.
 20. Minglani D., Sharma A., Pandey H. et al. A review of granular flow in screw feeders and conveyors // *Power Technology*. 2020. 366. PP. 369–381.
 6. Kairov V.R., Gazzaeva M.S., Gatsiev M.A. Produktivnost' i kachestvennye pokazateli myasa cyplyat-brojlerov pri skarm-livanii v sostave raciona // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. 57(1). S. 68–73.
 7. Patent na poleznuyu model' № 59276 U1. Adaptivnaya sistema upravleniya konvejernym nepreryvno-potochnym dozatorom / Sazhin S.G., Vinogradov S.V., Lukonin V.P., Smirnov I.V.; pravoobladatel' Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Nizhegorodskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. № 2006110223/22; zayavl. 29.03.2006; opubl. 10.12.2006.
 8. Patent na poleznuyu model' № 64018 U1. Ustrojstvo dlya upravleniya dozatorom kormorazdatchika / Trutnev M.A., Trutnev N.V., Medvedev A.A., Il'yushenko Yu.V.; pravoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Permskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya imeni akademika D.N. Pryanishnikova. № 2007104795/22; zayavl. 07.02.2007; opubl. 27.06.2007.
 9. Pogorelov A.V. Razrabotka sistemy upravleniya konvejernogo vesovogo dozatora na baze kontrollera STM32 // V sb.: Obrazovanie, nauka, proizvodstvo. VIII Mezhd. molodezh. forum. 2016. S. 1709–1712.
 10. Robkanov D.V., Dement'ev Yu.N., Kladiev S.N. Pryamoe upravlenie momentom v asinhronnom elektroprivode shneka dozatora // *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2006. T. 308. № 3. S. 140–143.
 11. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2015616450. Programma upravleniya vesovym dozatorom “TAURAS-FENIX”; pravoobladatel' Zakrytoe akcionerное obshchestvo “Taurus-Feniks”. № 2015613565; zayavl. 29.04.2015; opubl. 10.06.2015.
 12. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2017616433. Programma dlya upravleniya elektroprivodom lentochного vesovogo dozatora s dvigatelem postoyannogo toka / Pogorelov A.V., Prokopishin D.I., Soldatenkov A.S.; pravoobladatel' federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G.Shuhova». № 2017613276; zayavl. 12.04.2017; opubl. 07.06.2017.
 13. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2020661680. Programma dlya sistemy tekhnicheskogo zreniya dlya opredeleniya koordinat dozatora i ob'ekta dlya dozirovaniya / Vibe D.V.; pravoobladatel' Vibe Dmitrij Vladimirovich. № 2020660868; zayavl. 22.09.2020; opubl. 29.09.2020, Byul. № 10.
 14. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2020667489. Programma dlya sistemy tekhnicheskogo zreniya dlya pozicionirovaniya dozatora nad ob'ektom dozirovaniya / Semench A.V., Gabriel' A.S., Klinkov V.A., Vibe D.V.; pravoobladatel' federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya “Sankt-Peterburgskij politekhnicheskij universitet Petra Velikogo” (FGAOU VO “SPbPU”). № 2020666614; ozayavl. 15.12.2020; opubl. 23.12.2020, Byul. № 1.
 15. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2021618620. Programma dlya issledovaniya rezhimov raboty vesovogo lentochного dozatora / Shestov D.A., Shilin D.V.; pravoobladatel' federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego 2021617885 24.05.2021 obrazovaniya «Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «MEI» (FGBOU VO «NIU «MEI»). № 2021617885; zayavl. 24.05.2021; opubl. 31.05.2021, Byul. № 6.
 16. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2023661766. Programma upravleniya sistemoy dozirovaniya suhих sypuchih

REFERENCES

1. Arzhankova Yu.V., Tomaeva O.N. Rost cyplyat-brojlerov pri ispol'zovanii kombikormov otechestvennogo i importnogo proizvodstva // *Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2022. № 4(41). S. 10–20.
2. Bulatov S.Yu., Nechaev V.N., Sergeev A.G., Savinyh P.A. Rezul'taty issledovaniy vesovogo dozirovaniya ingredientov kombikorma // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. № 1 (283). S. 20–24.
3. Burkina A.S. Sovershenstvovanie razvitiya processa dozirovaniya kombikormov // V sb.: *Studencheskie nauchnye issledovaniya. Sbornik statej XVII Mezhd. nauch.-prakt. konf. Penza, 2023*. S. 76–78.
4. Burcev A.G., Matyunina E.V. Razrabotka i issledovanie sistemy avtomaticheskogo upravleniya proizvoditel'nost'yu lentochного dozatora karbida kremniya // V sb.: *Nauchno-prakticheskaya konferenciya studentov VPI (filial) VolgGTU “Nauka molodyh: idei, rezul'taty, perspektivy”*. 2016. S. 32–33.
5. Emel'yanov R.T. Prokop'ev A.P., Baranova G.P. i dr. Avtomatizirovannaya nejro-nechetkaya sistema upravleniya privodom shnekovogo dozatora pechatayushchej golovki stroitel'nogo 3D-printera // *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2023. № 2 (98). S. 504–519.

- komponentov / Bulatov S.Yu., Nechaev V.N., Pronin A.N., Tareeva O.A.; pravoobladatel' Gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Nizhegorodskij gosudarstvennyj inzhenerno-ekonomicheskij universitet (NGIEU). № 2023619279; zayavl. 15.05.2023; opubl. 01.06.2023, Byul. № 6.
17. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM № 2023668383. Kolerovochnaya programma tinter dlya avtomaticheskikh dozatorov / Gurin A.A., Syrejshchikov A.V.; pravoobladatel' Syrejshchikov Aleksej Vladimirovich, Gurin Anatolij Anatol'evich. № 2023667620; zayavl. 17.08.202328; opubl. 08.2023, Byul. № 9.
18. Sudakov I.V. Upravlenie vesovymi dozatorami v proizvodstve suhikh smesej / I.V. Sudakov, A.A. Simikova, A.B. Troickij, B.A. Fedosenkov // V sb.: Pishchevye innovacii i biotekhnologii. Mat. Mezhd. nauch. konf. FGBOU VO "Kemerovskij tekhnologicheskij institut pishchevoj promyshlennosti". 2015. S. 245–247.
19. Chongchitpaisan P.A., Sudsawat S. Review on Screw Conveyors for Bulk Materials in Various Applications // Ladkrabang Engineering Journal. 2022. № 39. P. 2.
20. Minglani D., Sharma A., Pandey H. et al. A review of granular flow in screw feeders and conveyors // Power Technology. 2020. 366. PP. 369–381.

Поступила в редакцию 29.11.2023

Принята к публикации 13.12.2023

Фотографии к статье Баташевой Б.А. и др. «Новые линии полбы голозерной в Южном Дагестане» (стр. 22)



Рис. 1. Линия 1.



Рис. 2. Линия 2.



Рис. 3. Пленчатая полба, сорт Руно.



Рисунок к статье Гаджимустапаевой Е.Г. «Новые линии капусты цветной для северных сухих субтропиков Дагестана» (стр. 44)

Семенной куст цветной капусты, линия 200/1.

Фотография к статье Дорохова А.С. и др. «Контейнерно-транспортная технология уборки, хранения и реализации селекционного картофеля первой полевой репродукции» (стр. 72)



Уборка картофеля в мешки.

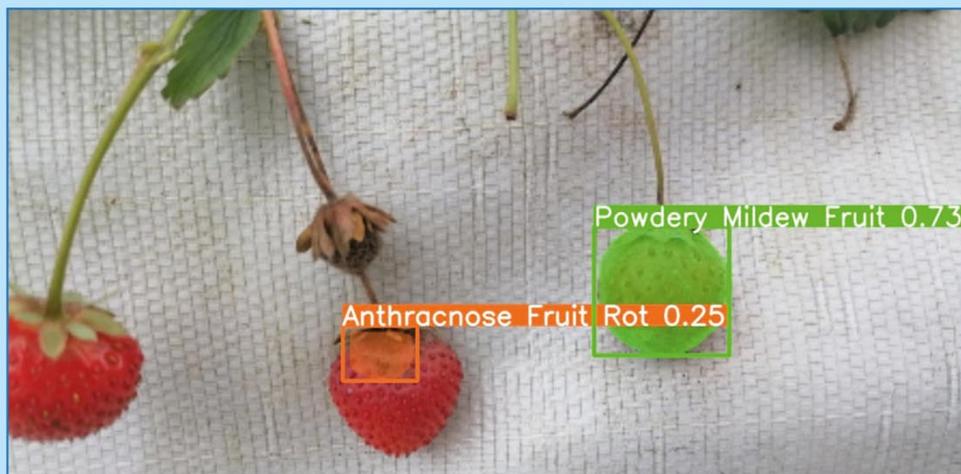


Рис. 1. Результат работы обученной модели обнаружения заболеваний земляники.

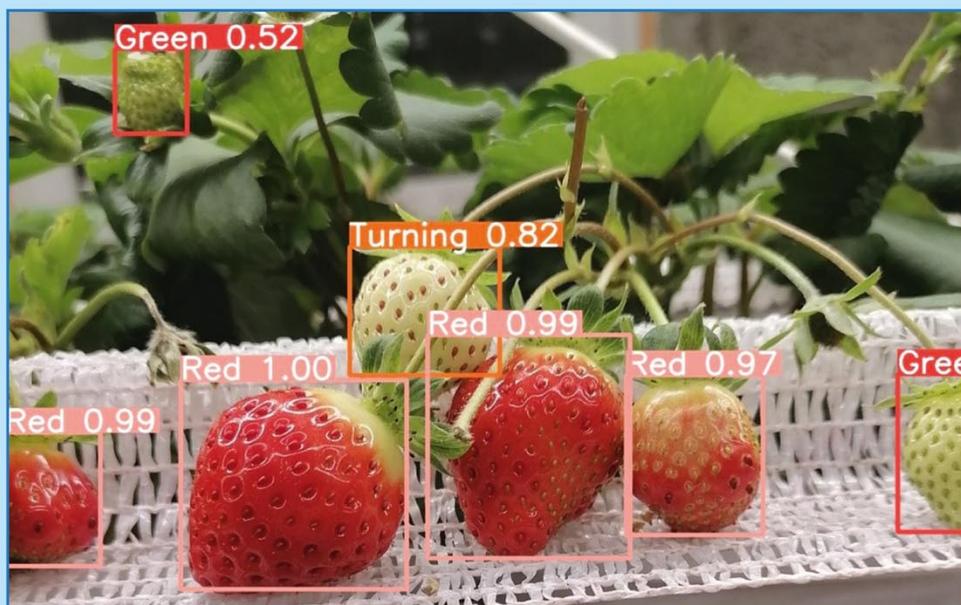


Рис. 2. Результат работы модели подсчета плодов земляники с учетом их степени зрелости на этапе обнаружения.



Рис. 3. Результат работы модели обнаружения побегов земляники.