

ISSN 2500-2082

Номер 2

Март–Апрель 2025

Научно-теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

DOI: 10.31857/S25002082



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

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



НАУКА
— 1727 —

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

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 2 — Март – Апрель — 2025
March – April

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

© Российская академия наук, 2025
© «Вестник российской сельскохозяйственной науки», 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик РАН Н.К. Долгушкин

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академики РАН

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

члены-корреспонденты РАН

Асеева Т.А. (Хабаровский ФИЦ ДВО РАН Дальневосточный НИИСХ), **Багиров В.А.** (Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР – С.Л. Сенина

Журнал в виде отдельной базы данных Russian Science Citation Index (RSCI) размещен на платформе Web of Science. Зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) и в Международной информационной системе Agris, а также включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук, отнесен к первой категории (К1) журналов.

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

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 32 А,
Отделение сельскохозяйственных наук РАН, оф. 1023
Тел.: 8 (495) 938-17-51, 8 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
<https://journals.rcsi.science/2500-2082/>
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”), **Bautin V.M.** (A.A. Nikonov All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics – Branch of the FSBSI “FSC For Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Economics”), **Gorlov I.F.** (Povolzhskiy (Volga) Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products), **Ivanov A.L.** (Soil Institute named after V. V. Dokuchayev), **Izmajlov A.Ju.** (Federal Scientific Agroengineering Center VIM), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), **Kashevarov N.I.** (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnology of RAS), **Kulik K.N.** (Federal Scientific center of Agroecology RAS), **Petrov A.N.** (All-Russian Research Institute of Canning Technology), **Popov V.D.** (Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production), **Savchenko I.V.** (All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants), **Sinegovskaya V.T.** (All-Russian Research Institute of Soy), **Fisinin V.I.** (Federal Scientific Center “VNITIP” RAS), **Yakushev V.P.** (Agrophysical Research Institute)

Corresponding member of the RAS

Aseeva T.A. (Khabarovsk FRC FEB RAS Far Eastern Agricultural Institute), **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
<https://journals.rcsi.science/2500-2082/>
www.vestnik-rsn.ru

Содержание / Contents

● РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 4** Синеговская В.Т., Трифунтова И.Б., Синеговский М.О. / *Sinegovskaya V.T., Trifuntova I.B., Sinegovsky M.O.*
ИЗУЧЕНИЕ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСУХЕ СОРТОВ ОВСА ЯРОВОГО ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ /
RESEARCHING OF THE DROUGHT RESISTANCE OF THE FAR EAST SELECTION BARLEY SPRING VARIETIES
- 8** Свирина В.А., Черногаев В.Г. / *Svirina V.A., Chernogaev V.G.*
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ СОИ *ГЕОРГИЯ* В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ / PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF *GEORGIYA* SOYBEAN CROPS
IN THE CONDITIONS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE DEPENDING ON BIOLOGICAL PREPARATIONS APPLICATION
- 12** Беляков М.В., Лысенкова А.А. / *Belyakov M.V., Lysenkova A.A.*
СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СОИ / VARIETAL FEATURES OF SOYBEAN
PHOTOLUMINESCENCE
- 16** Гуреева Е.В., Солягина А.В. / *Gureeva E.V., Solodyagina A.V.*
АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ПО ПРИЗНАКУ «СБОР БЕЛКА С ЕДИНИЦЫ ПЛОЩАДИ» / ADAPTIVE PROPERTIES OF PROSPECTIVE SOYBEAN
VARIETIES IN THE RYAZAN REGION CONDITIONS BY THE FEATURE OF "PROTEIN COLLECTION PER UNIT OF AREA"
- 20** Лой Н.Н., Санжарова Н.И. / *Loy N.N., Sanzharova N.I.*
ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ
ПШЕНИЦЫ И ПОРАЖЕННОСТЬ БОЛЕЗНЯМИ / INFLUENCE OF PRE SEEDING ELECTRONIC IRRADIATION TO THE
SPRING WHEAT SEDLINGS AND DISEASES INCIDENCE INDICATORS
- 25** Гаджимустапаева Е.Г. / *Gadzhimustapaeva E.G.*
АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ КАПУСТЫ ЦВЕТНОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ
ДАГЕСТАНА / ADAPTIVE POTENTIAL OF CAULIFLOWER PRODUCTIVITY WHEN IT'S GROWING IN DAGESTAN
CONDITIONS
- 31** Мацнева О.В., Ташматова Л.В., Хромова Т.М. / *Matsneva O.V., Tashmatova L.V., Khromova T.M.*
АДАПТАЦИЯ МЕРИСТЕМНЫХ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ В УСЛОВИЯХ *EX VITRO* С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭМИСТИМА /
ADAPTATION OF MERISTEM STRAWBERRY PLANTS IN *EX VITRO* CONDITIONS USE OF AN EMISTIM
- 36** Гусейнов А.А. / *Guseynov A.A.*
СУММАРНАЯ И НЕОТЧУЖДАЕМАЯ ИЗ ПОЧВЫ ФИТОМАССА ПОЖНИВНОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ФИТОЦЕНОЗА (ПЕФ)
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ ВЫРАЩИВАНИЯ И СПОСОБАХ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАПАДНОМ ПРИКАСПИИ /
TOTAL AND UNALIENABLE SOIL PHYTOMASS OF THE POST-HARVEST NATURAL PHYTOCENOSIS (PNP) WITH VARIOUS
CULTIVATION METHODS AND WAYS OF USING IT IN THE WESTERN CASPIAN REGION
- 40** Киселева Е.Н., Раченко М.А., Раченко А.М. / *Kiseleva E.N., Rachenko M.A., Rachenko A.M.*
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ /
EFFECTS OF GREENHOUSE CONDITIONS ON POLLEN VIABILITY OF REMONTANT RASPBERRY
- 46** Джалалова М.И. / *Dzhalalova M.I.*
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ ПРИБРЕЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ
УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ / ECOLOGICAL SUCCESSIONS OF COASTAL VEGETATION IN THE CASPIAN SEA LEVEL
MODERN DYNAMICS CONDITIONS
- 49** Пугачев Г.Н., Захаров В.Л., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С. / *Pugachev G.N., Zakharov V.L., Shubkin S. Yu., Buneev S.S.*
ФИЗИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ВЫПАДОВ ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ ПРИ НАЛИЧИИ ЗАМКНУТЫХ
ПОНИЖЕНИЙ / PHYSICO-MORPHOLOGICAL CAUSES OF APPLE TREE FALLS IN CASE OF CLOSED DECLINES
- 54** Алейникова Н.В., Радионовская Я.Э., Галкина Е.С. и др. / *Aleynikova N.V., Radionovskaya Ya. E., Galkina E.S. et al.*
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ООО «АГРОХИМ-XXI» В АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ЗАЩИТЫ
ВИНОГРАДА ОТ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ / PROSPECTS FOR USING PESTICIDES OF "AGROKHM-XXI" LLC IN ADAPTIVE
TECHNOLOGIES FOR PROTECTING GRAPES FROM HARMFUL ORGANISMS

● НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES

- 60** Рогачев Д.А. / Rogachev D.A.
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ /
DIGITAL TRANSFORMATION OF IRRIGATION SYSTEM PERFORMANCE MANAGEMENT

● ЗЕМЛЕДЕЛИЕ / FARMING

- 69** Митрофанов Ю.И., Смирнова Ю.Д., Анциферова О.Н., Первушина Н.К. / Mitrofanov Yu.I., Smirnova Yu.D.,
Antsiferova O.N., Pervushina N.K.
ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ ОСНОВЫ
УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ / INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS AND TECHNOLOGICAL METHODS
ON THE SPRING WHEAT CROP STRUCTURAL BASIS FORMATION

- 75** Павлов М.Н., Кулагина П.В. / Pavlov M.N., Kulagina P.V.
ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
АНТОЦИАНСОДЕРЖАЩИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ / INFLUENCE OF FOLIAR FEEDING
WITH ULTRAMICROELEMENTS ON THE PRODUCTIVITY OF ANTHOCYANIN-CONTAINING POTATO VARIETIES
IN GREENHOUSES

● ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

- 81** Ивашенко М.Н., Дерюгина А.В., Белов А.А. и др. / Ivashchenko M.N., Deryugina A.V., Belov A.A. et al.
ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В ИСКУССТВЕННОМ ОСЕМЕНЕНИИ КОРОВ / APPLICATION
OF MOLECULAR HYDROGEN IN ARTIFICIAL INSEMINATION OF COWS

- 84** Барсукова М.А., Нарожных К.Н., Себежко О.И., Иванова О.А. / Barsukova M.A., Narozhnykh K.N.,
Sebezko O.I., Ivanova O.A.
АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ РАЗЛИЧИЙ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СКОТА ПОРОДЫ *HEREFORD* /
ANALYSIS OF AGE-RELATED DIFFERENCES IN HEMATOLOGICAL TRAITS OF *HEREFORD* CATTLE BREED

- 90** Сафронова Л.Д., Сычева В.Б., Сергеев Е.Г. / Safronova L.D., Sycheva V.B., Sergeev E.G.
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЕНОТОВИДНОЙ СОБАКИ
(*NYCTEREUTES PROCYONOIDES*) / CYTOGENETIC AND MOLECULAR STUDIES OF DIFFERENT SPECIES
OF RACCOON DOG (*NYCTEREUTES PROCYONOIDES*)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-63276 от 06 октября 2015 г.,
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Подписано к печати 00.00.2025. Дата выхода в свет 00.00.2025. 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

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

Исполнитель по контракту № 4У-ЕП-020-2-25

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.



ИЗУЧЕНИЕ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСУХЕ СОРТОВ ОВСА ЯРОВОГО ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ

Валентина Тимофеевна Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Ирина Борисовна Трифунтова, кандидат сельскохозяйственных наук

Михаил Олегович Синеговский, кандидат экономических наук

ФГБУН Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук
Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с. Восточное, Хабаровский край, Россия
E-mail: valsino9@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты изучения сортов овса ярового селекции ДВ НИИСХ на устойчивость к засухе в лабораторных условиях по посевным качествам семян при изменяющемся осмотическом давлении, и в почвенно-климатических условиях юга Хабаровского края. В лабораторных опытах при увеличении осмотического давления сахарозы от 6 до 9 атм. прорастание семян у сорта Передовик снизилось на 14,7 п. п., Дальневосточного Золотого – 8,5. Доля проросших семян у сорта Дальневосточный Золотой при 6 атм. была выше на 9,4 п. п., 9 атм. – 15,6 п. п., по сравнению с сортом Передовик. В полевых условиях при недостатке влаги в июле (на 61 мм меньше нормы) растения сорта Передовик уступали по высоте сорту Дальневосточный Золотой на 19,8 см, массе 1000 зерен – на 3,4 г, что обусловлено реакцией сорта на недостаток влаги в почве и повышенный температурный режим в этот период. В результате продуктивность зерна с растения у сорта Передовик на 2 г меньше, чем у Дальневосточного Золотого. Выявлена коррелятивная взаимосвязь продуктивного кущения сортов овса с массой 1000 зерен и продуктивностью зерна одного растения. Наибольшей она была у Передовика ($r = 0,89$), Дальневосточного Золотого – средней ($r = 0,63$). Последний сорт показал лучшую устойчивость к засухе, что позволяет рекомендовать его для включения в селекционный процесс в качестве источника устойчивости к этому фактору.

Ключевые слова: устойчивость, стресс, прорастание семян, ростовые процессы, зерно, продуктивность, семена, урожайность, кущение, Хабаровский край

RESEARCHING OF THE DROUGHT RESISTANCE OF THE FAR EAST SELECTION BARLEY SPRING VARIETIES

V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation

I.B. Trifuntova, PhD in Agricultural Sciences

M.O. Sinegovsky, PhD in Economic Sciences

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: valsino9@gmail.com

Abstract. The article presents the results of studying spring oat varieties bred at the Far Eastern Research Institute of Agriculture for drought resistance under laboratory conditions to determine seed sowing qualities under changing osmotic pressure and in soil and climatic conditions of the south of Khabarovsk region. In laboratory experiments, with an increase in the osmotic pressure of sucrose from 6 to 9 atm, seed germination in the Peredovik variety decreased by 14.7 percentage points, and in the Dalnevostochny Zolotoy variety by only 8.5. The proportion of germinated seeds in the Dalnevostochny Zolotoy variety at 6 atm was higher by 9.4 percentage points, and at 9 atm – by 15.6 percentage points compared to this indicator for the Peredovik variety. The advantage of the Dalnevostochny Zolotoy variety in reducing growth processes was revealed compared to this indicator for the Peredovik variety. In field conditions with a lack of moisture in July, when the amount of precipitation was 61 mm less than the norm, the Peredovik variety plants were 19.8 cm lower in height than the Dalnevostochny Zolotoy variety, and 3.4 g lower in 1000-grain weight, which is due to the variety's response to the lack of moisture in the soil and the increased temperature regime during this period. As a result, the grain productivity per plant of the Peredovik variety was 2 g lower than that of the Dalnevostochny Zolotoy variety. A correlative relationship was found between productive tillering of oat varieties with the 1000 grain weight and grain productivity per plant. It was highest for the Peredovik variety ($r = 0.89$), while for the Dalnevostochny Zolotoy variety this dependence was average ($r = 0.63$). According to the research results, the spring oat variety Dalnevostochny Zolotoy showed greater resistance to drought compared to the Peredovik variety, which allows us to recommend it for inclusion in the selection process as a source of resistance to this factor.

Keywords: resistance, stress, seed germination, growth processes, grain, productivity, seeds, yield, tillering, Khabarovsk region

Россия – одна из мировых лидеров зерновой отрасли, где производится свыше 130 млн т зерна ежегодно. Доля овса в зерновом производстве – 2...3% общего объема. В 2023 году овса в России намолачивали 3,3 млн т, в начале 2000-х – в два раза больше. Несмотря на то, что внутренний российский спрос на овес угасает, интерес Китая к российскому производству овса возрастает, стимулируя дальневосточных сельхозтоваропроизводителей к его наращиванию.

У овса широкий ареал возделывания. Это связано с богатством экотипов и его хорошей приспособленностью к условиям окружающей среды. Его часто используют как первую культуру при освоении новых земель и завершающую в севообороте. [7]

Для восстановления прежних объемов производства овса и их последующего увеличения необходимы высокопродуктивные сорта и инновационные технологии возделывания. Уровень урожайности сельскохо-

зайственных культур — генетически детерминированный признак, но конечный урожай определяется сочетанием наследственных и средовых факторов, воздействию которых растение подвергается в течение вегетации. [2]

Овес среди зерновых культур выделяется повышенной чувствительностью к недостатку влаги в почве. Нарушение режима увлажнения почвы вызывает резкое снижение нарастания биомассы растений, завязываемости зерна, озерненности метелки, урожайности. [2]

Современные исследования показали, что засухоустойчивость сортов зависит как от генотипа, так и внешних факторов (температурный режим, влажность почвы, минеральное питание и другие). Если в первом случае устойчивость к дефициту влаги в почве можно обеспечивать только при создании сорта, то внешние факторы, особенно уровень питания, регулируются достаточно успешно. [5]

Наибольший вред овсу наносит засуха весной и летом, когда у растений формируются генеративные органы и опыляются цветки. Это обуславливает необходимость выявления генотипов, устойчивых к недостатку влаги для включения их в селекционный процесс. Такие сорта должны обладать высокими адаптивными свойствами и быть пригодными для возделывания в экстремальных условиях производства. Критерий оценки адаптационной способности сортов — поиск физиологических особенностей, обеспечивающих эту устойчивость к засухе и другим факторам. В системе адаптивной селекции особое внимание уделяется нахождению, сохранению, идентификации и использованию генетических источников. Все более значимыми становятся методы исследования культурных растений в оптимальных и экстремальных условиях искусственного климата. [7]

Цель работы — изучение устойчивости овса ярового селекции ДВ НИИСХ к неблагоприятным климатическим факторам Хабаровского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — сорта овса ярового (*Avena sativa* L.) хабаровской селекции, различающиеся по засухоустойчивости. Сорт *Передовик* — среднеспелый, период вегетации — 78...91 день, потенциальная урожайность зерна — 10,0 т/га, масса 1000 семян — 40,2 г. Содержание в семенах белка составляет до 14,8%, лизина — 234 мг/100 г, жира — 4,7%, пленчатость семян — 22,6%. Устойчив к длительному переувлажнению и осыпанию зерна на корню. На естественном инфекционном фоне резистентный к патогенам пыльной головни и корончатой ржавчине, неустойчив к стрессу по признаку урожайности зерна. Сорт *Дальневосточный Золотой* имеет преимущество по удлиненному периоду вегетации (90...100 дн.) и хорошей переносимости избыточного увлажнения почвы во время муссонных дождей в регионе. Его высокая приспособленность к стрессовым факторам обусловлена характерными особенностями растения: метелка средняя с хорошим наливанием зерна, мощная корневая система и прочный стебель, выдерживающий высокий урожай (растение не полегает). Сорт пригоден для возделывания на зернофуражные и кормовые цели (масса 1000 зерен — 34,2...39,4 г). Средняя урожайность зерна — 6,9 т/га, максимальная — 8,4 т/га. [2]

Оба сорта имеют средние значения признаков по всем показателям адаптивной реакции в контрастных условиях внешней среды.

Тестирование сортов в лабораторных условиях выполняли по проросткам с помощью метода В.Г. Сычева с соавторами. [8] Опыт проведен четырехкратно во времени и трехкратной повторности в каждом опыте. В чашки Петри на фильтровальную бумагу закладывали по 30 зерен изучаемых сортов овса. В каждую добавляли растворы сахарозы с концентрацией 4,4, 7,4 и 10,5%, что соответствовало осмотическому давлению в 6, 9 и 12 атм. Контроль — дистиллированная вода. Чашки Петри с зерном помещали в термостат (20°C) на семь суток. Засухоустойчивость определяли как среднее на чашку число проросших в контроле семян, которое принимали за 100%. Среднее число семян, проросших в растворе сахарозы (а), выражали в процентах от числа семян, проросших в контроле (b) по формуле:

$$P = \frac{a}{b} \times 100\%. \quad (1)$$

Чем выше процент прорастания семян в растворе сахарозы, тем более засухоустойчивым считается сорт.

Также определяли степень снижения ростовых процессов:

$$Z = 100 - \frac{y}{x} \times 100\%, \quad (2)$$

где Z — степень снижения (депрессия) ростовых процессов, %; y — сухая масса проростков (корни и росток) в вариантах с различной концентрацией сахарозы, г; x — сухая масса проростков в контроле, г.

Депрессия показывает степень угнетения прорастания при различном осмотическом давлении. Более засухоустойчивые сорта характеризуются меньшим проявлением депрессии при повышенной концентрации сахарозы. Это косвенное доказательство генетической устойчивости сортов к дефициту влаги. Также рассчитывали показатель силы влияния реакции сортов на уровень осмотического давления, соответствующего различной степени увлажнения почвы при посеве зерновых. [5]

На опытном поле ДВ НИИСХ проводили исследование для сравнительной оценки сортов овса по величине урожайности. Посев семян — 5 мая на делянках 4 м², учетная площадь — 1 м². Расположение делянок — систематическое, повторность четырехкратная. В полевом опыте осуществляли фенологические наблюдения с учетом наступления всех фаз роста и развития растения. Овес убирали в фазе полного созревания с учетной площади делянки, определяли биометрические и качественные показатели зерна по методике ГСИ. [6] Полученные результаты статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [3]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выработка механизмов устойчивости у сельскохозяйственных культур необходима как для накопления биомассы и получения урожая семян, так и сортовой конкурентоспособности. Реакция растений на водный дефицит сопровождается экономией и сохра-

Таблица 1.

Устойчивость сортов овса к засухе по показателям посевных качеств семян, %

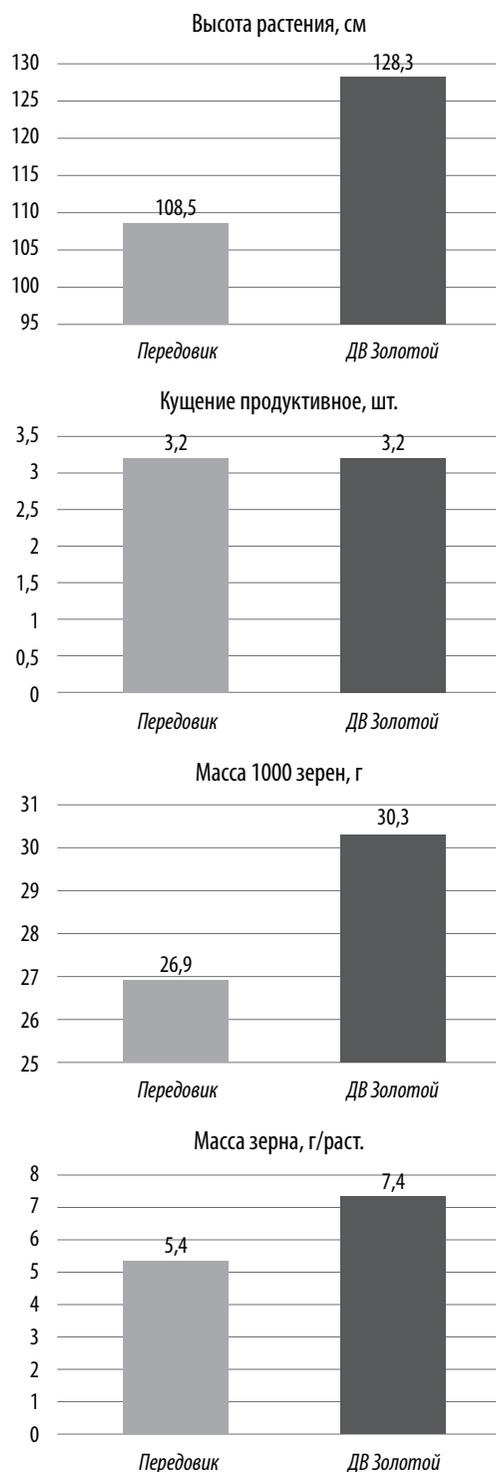
Показатель	Передовик				Дальневосточный Золотой			
	осмотическое давление, атм.							
	0	6	9	12	0	6	9	12
Прорастание семян	100,0	21,7	7,0	0,0	100,0	31,1	22,6	0,0
Степень снижения ростовых процессов	0,0	94,4	93,3	100,0	0,0	93,2	94,9	100,0

нением воды, что, как правило, снижает фотосинтез и продуктивность сорта. Оценить устойчивость растения к засухе можно, определив осмотическую адаптацию в лабораторных условиях при прорастании семян. Сорта полевых культур, адаптированных к засухе, сочетают высокую концентрацию осмотически активных веществ в тканях с низкой интенсивностью фотосинтеза и устьичной проводимостью. [4] В классической селекции длительное время используется метод отбора доноров ценных признаков с повышенной устойчивостью к изучаемому фактору при выращивании. Успешно проводится отбор доноров по устойчивости к засухе у зерновых и зернобобовых культур. Среди зерновых овес более влаголюбив, чем пшеница и ячмень, что требует создания засухоустойчивых сортов для сельскохозяйственного производства.

Реакцию сортов овса на условия засухи определяли в условиях изменяющегося осмотического давления от 0 до 9 атм. для семян при их прорастании в лаборатории (табл. 1).

При увеличении осмотического давления сахарозы от 6 до 9 атм. прорастание семян у сорта *Передовик* снизилось на 14,7 п. п., *Дальневосточного Золотого* – 8,5. Доля проросших семян у сорта *Дальневосточный Золотой* при 6 атм. была выше на 9,4 п. п., 9 атм. – 15,6 п. п., по сравнению с *Передовиком*. При доведении осмотического давления до 12 атм. у обоих сортов не проросло ни одного семени. Доля проросших семян у сорта *Дальневосточный Золотой* была больше, чем у *Передовика*. Следовательно, *Дальневосточный Золотой* более устойчив к засухе. Степень снижения ростовых процессов у сорта *Передовик* при 6 атм. была на 1,2 п. п. выше, чем у *Дальневосточного Золотого*, что считается косвенным признаком подтверждения меньшей устойчивости сорта *Передовик* к засухе. В проведенных ранее полевых исследованиях установлена положительная устойчивость *Передовика* к перенесению засухи относительно сортов *Премьер*, *Кардинал*, *Дальневосточный кормовой*. [1] Были изучены сорта *Передовик* и *Дальневосточный Золотой* при выращивании в полевых условиях для их сравнения по влиянию засушливых условий на показатели биометрического анализа и продуктивности семян (см. рисунок).

Недостаток влаги в июле (осадков на 61 мм меньше нормы) повлиял на развитие растений и формирование урожая. Растения сорта *Передовик* уступали по высоте сорту *Дальневосточный Золотой* на 19,8 см, массе 1000 зерен – 3,4 г, что обусловлено реакцией сорта на недостаток влаги в почве и повышенной температурой в июле. В результате продуктивность зерна с растения была у сорта *Передовик* на 2 г меньше, чем у *Дальневосточного Золотого*. Продуктивное кущение, которое



Морфологические показатели растений сортов овса при выращивании в полевых условиях.

Таблица 2.
Коэффициенты парной корреляции продуктивного кушения
сортов овса с массой 1000 зерен
и продуктивностью зерна с одного растения

Сорт	Продуктивное кушение	
	масса 1000 зерен, г	продуктивность зерна, г/раст.
<i>Передовик</i>	-0,27	0,89
<i>Дальневосточный</i> <i>Золотой</i>	-0,13	0,63

проходило в июне при благоприятной влажности почвы и оптимальном температурном режиме, у обоих сортов находилось на одном уровне.

Оценка влияния продуктивного кушения на формирование зерна у сортов овса позволила определить коррелятивную взаимосвязь с массой 1000 зерен и продуктивностью зерна одного растения (табл. 2).

У обоих сортов связь между продуктивным кушением и массой тысячи зерен была слабая отрицательная (обратная). У *Передовика* она была сильнее, чем у *Дальневосточного Золотого*. Положительная прямая зависимость от продуктивного кушения выявлена у сортов по формированию зерна на каждом растении. Максимальной она была у сорта *Передовик* ($r = 0,89$), на 79% урожайность зерна овса зависела от количества продуктивных стеблей. У сорта *Дальневосточный Золотой* зависимость составила 40%, корреляция между этими факторами была средней.

Выводы. Тестирование сортов овса в лабораторных условиях с использованием реакции на уровень осмотического давления сахарозы установило большую устойчивость к засухе сорта *Дальневосточный Золотой*, по сравнению с *Передовиком*. Выращивание растений обоих сортов в полевых условиях подтвердило преимущество сорта *Дальневосточный Золотой* в резистентности к засушливым условиям по высоте растений и продуктивности зерна с растения. У обоих сортов выявлена корреляционная зависимость семенной продуктивности от продуктивного кушения растений. *Дальневосточный Золотой* следует рекомендовать для использования в селекционном процессе в качестве источника устойчивости к засухе почвы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеева Т.А., Трифунтова И.Б. Адаптивная реакция сортов и селекционных линий ярового овса в условиях Среднего Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 22–28.
https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_4_22

2. Баталова Г.А. Некоторые аспекты устойчивости к лимитирующим факторам в селекции овса // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2 (6). С. 52–58.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 207 с.
4. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
5. Любимова А.В., Мамаева В.С., Менщикова А.А. Генетическая засухоустойчивость современных сортов овса посевного как ответ глобальному изменению климата // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 49–59.
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59>
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / ред. В.И. Головачев, Е.В. Кирилловская. М.: Калининская областная типография, 1989. Вып. 2. 195 с.
7. Петункина Л.О., Свиркова С.В., Маевская Н.А., Старцев А.А. Физиологическая оценка устойчивости овса. Вестник КемГУ. 2012. № 4 (52). Т. 1. С. 20–24.
8. Сычев В.Г., Осипова Л.В., Курносова Т.Л. Патент № 2651284. Публ. 19.04.2018.

REFERENCES

1. Aseeva T.A., Trifuntova I.B. Adaptivnaya reakciya sortov i selekcionnyh linij yarovogo ovsa v usloviyah Srednego Priamur'ya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36. № 4. S. 22–28.
https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_4_22
2. Batalova G.A. Nekotorye aspekty ustojchivosti k limitiruyushchim faktoram v selekcii ovsa // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2013. № 2 (6). S. 52–58.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 207 s.
4. Koshkin E.I. Fiziologiya ustojchivosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur: uchebnik. M.: Drofa, 2010. 638 s.
5. Lyubimova A.V., Mamaeva V.S., Menshchikova A.A. Geneticheskaya zasuhoustojchivost' sovremennyh sortov ovsa posevnogo kak otvet global'nomu izmeneniyu klimata // Agrarnyj vestnik Urala. 2022. № 06 (221). S. 49–59.
<https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-221-06-49-59>
6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury / red. V.I. Golovachev, E.V. Kirilovskaya. M.: Kalininskaya oblastnaya tipografija, 1989. Vyp. 2. 195 s.
7. Petunkina L.O., Svirnova S.V., Maevskaya N.A., Starcev A.A. Fiziologicheskaya ocenka ustojchivosti ovsa. Vestnik KemGU. 2012. № 4 (52). T. 1. S. 20–24.
8. Sychev V.G., Osipova L.V., Kurnosova T.L. Patent № 2651284. Publ. 19.04.2018.

Поступила в редакцию 31.01.2025
 Принята к публикации 14.02.2025

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ СОИ ГЕОРГИЯ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ

Вера Алексеевна Свирина, старший научный сотрудник
Виталий Геннадьевич Черногаев, младший научный сотрудник

*Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
с. Подвязье, Рязанская обл., Россия
E-mail: svirina-vera@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты исследования по определению особенностей формирования фотосинтетического аппарата сои Георгия при внесении биопрепаратов в условиях Нечерноземной зоны. Установлено, что биопрепараты способствовали наибольшему увеличению площади листьев. Период вегетации сои составил в 2023 году – 106 дн., в 2022 – 103 дня. В межфазный период (цветение – физиологическое созревание сои) наиболее продуктивно протекали процессы фотосинтеза в 2023 году при ГТК = 1,46. Максимальную стабильность в получении высокого урожая показал комплекс биопрепаратов: Тирада, СК – 2,0 л/т + Табу, ВСК – 1,0 л/т + Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/гектарную норму семян + Organit N, Ж – 1,5 л/т – обработка семян перед посевом + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка растений в фазе ветвления + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка в фазе бутонизации. Он обеспечил прибавку урожайности сои, превысив контрольный вариант на 14% за двухлетний период, что подтверждает его стабильную эффективность по всем годам исследований.

Ключевые слова: соя, биопрепараты, площадь листьев, фотосинтетическая активность, сухая масса, урожайность

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF GEORGIYA SOYBEAN CROPS IN THE CONDITIONS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE DEPENDING ON BIOLOGICAL PREPARATIONS APPLICATION

V.A. Svirina, Senior Researcher
V.G. Chernogaev, Junior Researcher

*The Institute of Seed Production and Agrotechnologies- branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Podyyazye village, Ryazan region, Russia
E-mail: svirina-vera@mail.ru*

Abstract. The article presents the results of a study to determine the features of the formation of the Georgiya soybean photosynthetic apparatus when introducing biopreparations in the conditions of the Non-Chernozem zone. It was found that biopreparations contributed to the greatest increase in leaf area. The vegetation period of soybeans was 106 days in 2023, 103 days in 2022. In the interphase period (flowering – physiological ripening of soybeans), photosynthesis processes were productive in 2023 at the hydrothermal index is 1.46. The maximum stability in obtaining a high yield was demonstrated by this complex of biological preparations: Tirada, SK – 2.0 l/t + Tabu, VSK – 1.0 l/t + Nitragin KM, SP – 0.08 kg/hectare seed rate + Organit N, Zh – 1.5 l/t – seed treatment before sowing + Organit N, Zh – 2 l/ha – treatment of plants in the branching phase + Organit N, Zh – 2 l/ha – treatment in the budding phase, which provided an increase in soybean yield, exceeding the control variant by 14% over a two-year period, which confirms the stability of its effectiveness in all years of research.

Keywords: soybean, biopreparations, leaf area, photosynthetic activity, dry mass, yield

В настоящее время актуальным вопросом считается совершенствование технологии возделывания сои с помощью биопрепаратов. В сельскохозяйственном производстве стали широко внедряться регуляторы роста, которые способствуют повышению урожайности и качества выращиваемой продукции. [10]

Благодаря уникальному химическому составу и пищевым свойствам, соя – одна из самых универсальных и распространенных сельскохозяйственных культур. В Рязанской области ее посевные площади возрастают с каждым годом: 2022 – 80 тыс. га, 2023 – до 97 тыс. га. Установлено, что для почв умеренного климата свободноживущие азотфиксаторы связывают 25...94 кг/га азота в год. Активность азотфиксации коррелирует с фазой развития растений: ее усиление начинается с появлением проростков, достигает максимума к периоду цветения и резко снижается после уборки урожая. [1]

Основной фактор формирования урожая – ассимиляционная листовая поверхность. Быстрые темпы на-

копления вегетативной массы могут служить важным признаком получения высокого урожая. Для раскрытия потенциальных возможностей фотосинтетической деятельности растений в агроценозе необходимо создавать благоприятные условия для их роста и развития. [2, 5]

Фотосинтез служит основной функцией растений, так как 90...95% биомассы – органические вещества. Увеличение урожайности тесно связано с ростом таких показателей, как площадь листьев и фотосинтетический потенциал посевов. [9]

Избыточная концентрация химических веществ (натрий, хлор) приводит к угнетению фотосинтеза и снижению урожая. Следует все агротехнические мероприятия (в том числе внесение биопрепаратов) направлять на формирование агрофона, обеспечивающего рост фотосинтетического аппарата. [4]

Основная часть ассимиляционной поверхности – листья. Поэтому наиболее облиственные растения образуют большое количество органического вещества. [7]

В качестве обязательного агротехнического приема используют предпосевную обработку семян бактериальными биопрепаратами, состоящими из микробной массы нитрогеназных бактерий.

Цель работы – изучить влияние биопрепаратов на особенности формирования фотосинтетического аппарата и урожайность сои *Геоργия* в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2022–2023 годах в Рязанской области на базе ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ Рязанского района по общепринятым методам. [6, 8]

Объект изучения – сорт сои *Геоργия*. Площадь обрабатываемой делянки – 50 м², повторность – четырехкратная, учетная площадь – 10 м². Технология возделывания сои общепринятая в Рязанской области. Агротехника – весеннее боронование, внесение минеральных удобрений (НРК)₆₀, предпосевная культивация. Посев однострочный, ширина междурядий – 45 см, норма высева – 850 тыс. всх. сем./га. Посев осуществляли сеялкой СН-16 П. Учет биологической урожайности и элементов ее структуры вели способом снопового отбора с 1 м². [3] Площадь листьев определяли расчетным методом, основанным на принципе высечек. [6]

Почва – темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое 0...30 см по Тюрину (ГОСТ 2621-91) – 3,2%, рН по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213 – 91), (ГОСТ 264884-85) – 5,03 ед., подвижного P₂O₅ – 187 мг/кг почвы, подвижного K₂O по Кирсанову (ГОСТ 26207-84) – 148 мг/кг, содержание общего азота N_{общ.} по Кьельдалю (ГОСТ 26107-84) – 0,20%, гидролитическая кислотность (Н гидр.) по Каппену (ГОСТ 26212-84) – 2,61 мг-экв/100 г почвы.

Перед посевом семена обрабатывали биопрепаратами:

Нитрагин КМ, СП – инокулянт производства «ООО НТЦ БИО»;

Organit N, Ж – улучшает азотное питание сельскохозяйственных культур из-за способности бактерий *Azospirillumzetae* фиксировать атмосферный азот и переводить его в формы, пригодные для потребления растением. Активные ингредиенты – клетки и биологически активные метаболиты штамма *Azospirillumzetae*;

Organit P, Ж – стимулирует корнеобразование и рост растений, переводит нерастворимые формы фосфора, калия в растворимые и легкоусвояемые. Активные ингредиенты – споры штамма *Bacillusmegaterium*.

Семена перед посевом обрабатывали инокулянт Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/гектарную норму семян, Органит N, Ж – 1,5 л/т.

Некорневые подкормки Органит N, Ж (2 л/га) осуществляли в фазы ветвления, бутонизации вручную ранцевым опрыскивателем. Вариант № 1 – (контроль) без обработок.

Площадь листовой поверхности и прирост сухого вещества определяли в пробе 10 среднетипичных растений по основным фазам развития – цветение, образование бобов и налив семян – методом высечек (вырезанные листья), который основан на взвешивании вырезанных и общей массы листьев. [6]

Предшественник сои – озимая пшеница. Основную и предпосевную обработку почвы проводили в соответствии с рекомендациями для зоны возделывания. Схема опыта представлена в таблице 1.

Климат Рязанской области типичен для средней полосы Европейской части России. Значительное удаление от морей обуславливает некоторую континентальность климата с умеренно-холодной осенью, снежной и продолжительной зимой, длительной весной и теплым, нередко жарким летом, хорошо выраженными, но не менее длительными переходными сезонами года (весна, осень).

Среднемесячная температура воздуха самого теплого месяца года июля – 19,5°С, в отдельные жаркие дни повышается до 39,0°С, а самого холодного (январь) составляет минус 11,0°С, в суровые зимы она опускается до минус 32,0°С. Рязанская область относится к зоне устойчивого увлажнения. Атмосферные засухи наблюдаются в среднем в 90% лет, из которых 30,6% – с интенсивной засухой. Причиной засухи обычно бывает неравномерное выпадение осадков по сезонам, в частности, когда дуют юго-восточные суховеи.

Условия вегетационных периодов по годам проведения исследования различались по температурному режиму и влагообеспеченности, что позволяет всесторонне проанализировать действие изучаемых факторов (табл. 2).

Продолжительность вегетационного периода сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны – лимитирующий показатель при возделывании культуры.

За два года исследований продолжительность периода от всходов до физиологической спелости зерна – 103...106 дн., длительность вегетации в 2022 году – 106 дн., 2023 – 103 дня.

Межфазный период всходы – цветение – образование бобов в 2023 году был наиболее обеспечен влагой, количество осадков – 60,1 мм (табл. 1).

Таблица 1.

Схема опыта

Вариант	Система препаратов
№ 1 – контроль	Без обработок
№ 2 – инокулянт	Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/гектарную норму семян – обработка семян перед посевом
№ 3 – биологический препарат	Organit N, Ж – 1,5 л/т – обработка семян + Organit N, Ж – 2,0 л/га – обработка в фазе ветвления + Organit N, Ж – 2,0 л/га – обработка в фазе бутонизации
№ 4 – инокулянт + биологический препарат	Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/гектарную норму семян + Organit N, Ж – 1,5 л/т – обработка семян перед посевом + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка в фазе ветвления + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка в фазе бутонизации
№ 5 – химические протравители инокулянт + биологический препарат + регулятор роста растений	Тирада, СК – 2,0 л/т + Табу, ВСК – 1,0 л/т + Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/гектарную норму семян + Organit N, Ж – 1,5 л/т – обработка семян перед посевом + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка растений в фазе ветвления + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка в фазе бутонизации

Таблица 2.

Продолжительность вегетационного периода (дн.), сумма температур по годам (С°) и ГТК в период исследований (всходы – физиологическая спелость зерна)

Межфазный период	2022	2023
Количество осадков, мм		
Всходы – цветение	24,3	60,1
Цветение – образование бобов	10,7	27,2
Образование бобов – физиологическое созревание	101,4	74,0
Всходы – физиологическое созревание	136,4	161,3
$\Sigma t > 10$ (С°)		
Всходы – цветение	803,8	1147,2
Цветение – образование бобов	341,9	186,8
Образование бобов – физиологическое созревание	790,5	1146,4
Всходы – физиологическое созревание	1936	2480,4
ГТК		
Всходы – цветение	0,30	0,52
Цветение – образование бобов	0,31	1,46
Образование бобов – физиологическое созревание	1,28	0,64
Всходы – физиологическое созревание	0,70	0,65

Таблица 3.

Динамика формирования площади листьев по фазам развития сорта сои *Геоργия* в зависимости от используемых биопрепаратов, см²/раст. (2022–2023 годы)

Вариант	± к контролю	Площадь листьев по фазам вегетации, см ² /раст.		
		цветение	образование бобов	налив семян
№ 1 – Контроль		235,4	231,0	175,9
№ 2		260,0	319,5	297,7
	см ²	+24,6	+88,5	+121,1
	%	20,9%	38,3%	69,2%
№ 3		299,2	307,4	239,2
	см ²	+63,8	+76,4	+63,3
	%	27,1%	33,1%	36,0%
№ 4		314,3	323,6	314,4
	см ²	+78,9	+92,6	+138,5
	%	33,5%	40,1%	78,8%
№ 5		339,4	344,2	346,5
	см ²	+104,0	+113,2	+171,4
	%	48,4%	53,3%	97,9%
НСР ₀₅		3,12	2,28	2,08

В 2022 году их выпало меньше на 35,8 мм. В межфазный период цветение–образование бобов в 2022 году наблюдался дефицит увлажнения – 10,7 мм, 2023 – на 16,5 мм больше среднемноголетних значений. Обеспеченность влагой от созревания бобов до физиологического созревания варьировала в зависимости от года – 136,4...161,3 мм.

За вегетацию сои наиболее благоприятным по увлажнению был 2023 год – 161,3 мм. ГТК по межфазному периоду в годы исследований составил 0,65...0,70 ед. соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фотосинтетическая деятельность – важный элемент жизнедеятельности растений сои. Установлено, что площадь листовой поверхности изменялась по фазам развития под влиянием биопрепаратов (табл. 3).

Площадь листьев – важное условие высокой продуктивности растений. Она обуславливает интенсивный процесс фотосинтеза и быстрое нарастание биологической массы, поэтому существенно влияет на урожай.

Достоверное преимущество повышения площади листьев выявляется от фазы цветения до налива зерна бобов.

Площадь листьев в фазе цветения варьировала в зависимости от внесения биопрепаратов – 20,9...48,4% (табл. 3). Нарастание площади листовой поверхности произошло по всем вариантам опыта и колебалось от 24,6 (№ 2) до 104,0 см²/раст. (№ 5). Наименьшее значение было в варианте с инокулянтом, где более разреженные посевы сои сформировали существенно меньшую площадь листьев. По сравнению с контрольным вариантом она увеличивалась только на 24,6 см²/раст. (20,9%).

Максимальная площадь листовой поверхности в фазе цветения отмечена в вариантах № 4 и № 5, что больше контроля без обработок на 78,9 и 104,0 см²/раст. соответственно.

К началу фазы образования бобов продолжалось нарастание площади листьев при использовании биопрепаратов. По отношению к контролю площадь листового аппарата по вариантам с биопрепаратами увеличилась на 76,4...113,2 см²/раст. Дольше всего сохранялась листовая поверхность в вариантах № 2 и № 5. Увеличение площади листовой поверхности, по отношению к контролю, составило соответственно 33,1 и 53,3%.

В фазе налива семян больше всего сохранялась площадь листовой поверхности в вариантах № 4 и № 5 (прибавка 78,8...97,9%, по отношению к контролю) соответственно. Наименьший ее показатель в варианте № 3 – прибавка до 63,3 см²/раст. (36,0%).

Установлено, что самая высокая площадь листьев отмечена в варианте № 5 с применением химических протравителей Тирада (400 + 30 г/л), СК в дозе 2,0 л/т и Табу (500 г/л), ВСК совместно с инокулянтом Нитрагин КМ, СП и микробиологическим препаратом Organit N, где прибавка составила 171,4 см²/раст. (97,9%), по отношению к контролю. Это свидетельствует о том, что биопрепараты создают более благоприятные условия для формирования листовой поверхности и площади питания сои.

Наблюдения за накоплением сухого вещества в растениях показали, что интенсивность этого процесса во многом зависит не только от внесения биопрепаратов, но и погодных условий (табл. 4).

Показатели площади листьев в контрольном варианте были самыми низкими, сбор сухого вещества в фазе ветвления – 1632 кг/га, в варианте № 5 – на 1120 кг/га больше контроля, № 4 – на 892 кг/га. Особенно заметна была разница по накоплению сухого вещества в фазе цветения в варианте № 5.

Фотосинтетический потенциал (ФП) характеризует мощность работы листовой поверхности и зависит от условий влагообеспеченности, минерального питания, внесения биопрепаратов в период вегетации.

Таблица 4.
Динамика накопления сухого вещества растениями сои в зависимости от обработки семян инокулянтом, стимуляторами роста по фазам развития, кг/га, среднее за 2022–2023 годы

Вариант	Накопление сухого вещества растениями сои, кг/га	
	ветвление	цветение
№ 1 – Контроль	1632	3980
№ 2	2038	4047
№ 3	1986	4076
№ 4	2524	3786
№ 5	2752	4528

В наших опытах фотосинтетическая деятельность посевов сои, кроме влияния климатических условий, зависела от применения биопрепаратов (табл. 5). Максимальный показатель ФП наблюдали в варианте № 5 (663,4 тыс м²/га), что способствовало формированию полученной продукции сои.

Наименьший фотосинтетический потенциал у посевов сои без внесения биопрепаратов (вариант № 1) в среднем за вегетацию – 363 тыс. м²/га × дн./га. При внесении биопрепаратов ФП в варианте № 5 возрастал до 663,4 тыс. м²/га × дн./га, в том числе и из-за увеличения времени прохождения фаз растением. В остальных вариантах при формировании фазы налива семян – физиологической спелости отмечали снижение ФП от 407 до 606 тыс. м²/га × дн./га соответственно.

При изучении действия исследуемых биопрепаратов была тенденция к росту по всем показателям фотосинтетической активности. В 2022 году уро-

Таблица 5.
Влияние биопрепаратов на фотосинтетический потенциал сорта сои *Геоργия*, среднее за 2022–2023 годы

Вариант	ФП в период вегетации, тыс. м ² /га × дн./га			
	цветение	образование бобов	налив семян (физиологическая спелость)	всего за вегетацию
№ 1 – Контроль	82,3	111,2	172,8	366,3
№ 2	122,0	147,0	201,4	470,0
№ 3	138,7	156,5	219,2	514,4
№ 4	159,3	200,6	246,8	606,7
№ 5	172,3	231,0	260,1	663,4

Таблица 6.
Влияние биопрепаратов на урожайность сои *Геоργия*, т/га

Вариант	Год		Среднее за 2022–2023 годы	± к контролю без обработок	
	2022	2023		т/га	%
№ 1 – Контроль	2,31	3,16	2,73	–	–
№ 2	2,46	3,26	2,86	0,13	104,8
№ 3	2,56	3,70	3,14	0,41	115,0
№ 4	2,52	4,10	3,31	0,58	121,2
№ 5	2,71	4,52	3,62	0,89	132,6
НСР ₀₅	0,039 (сущ.)	0,05 (сущ.)			

жайность сои колебалась от 2,31 до 2,71 т/га, 2023 – 3,16...4,52 т/га (табл. 6).

Выводы. Вопросы изучения, подбора биопрепаратов при возделывании сои имеют большую актуальность и могут быть одним из факторов увеличения урожайности в зоне возделывания Нечерноземной зоны.

Наибольший эффект получен при совместном применении химических протравителей и биопрепаратов: Тирада, СК – 2,0 л/т + Табу, ВСК – 1,0 л/т + Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/гектарную норму семян + Organit N, Ж – 1,5 л/т – обработка семян перед посевом + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка растений в фазе ветвления + Organit N, Ж – 2 л/га – обработка в фазе бутонизации (вариант № 5).

Внесение в почву биопрепаратов при предпосевной обработке семян сои в варианте № 4 (Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/гектарную норму семян + Organit N, Ж – 1,5 л/га), а также некорневая подкормка Organit N, Ж в фазе ветвления + Organit N, Ж – в фазе бутонизации в дозе 2,0 л/га обеспечили увеличение площади листовой поверхности и способствовали последовательному процессу превращения веществ и энергии, улучшению питания растений и повышению урожайности. В среднем за два года исследований можно отметить более существенный рост продуктивности сои сорта *Геоργия* (повышение к контролю без обработок 132,6%) с максимальной урожайностью (3,62 т/га) в варианте № 5.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бельшикина, М.Е., Кобозева Т.П., Гуреева Е.В. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода // Аграрный научный журнал. 2020. № 9. С. 4–9. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i9pp4-9>
2. Борисоник З.Б. Ячмень яровой. М.: Колос, 1974. 255 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Есаулко А.Н., Письменная Е.В., Ожередова А.Ю. и др. Влияние макро- и микроудобрений на фотосинтетическую деятельность и продукционную способность озимой пшеницы на выщелоченном черноземе // Земледелие. 2022. № 7. С. 36–39. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-7-36-39>
5. Ничипорович А.А., Строгонова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (Методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / Акад. наук СССР. Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. 135 с.
6. Опытное дело в полеводстве / сост. Г.Ф. Никитенко. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.
7. Сабирова Т.П., Шукин С.В., Сабиров Р.А., Носкова Е.В. Фотосинтетический потенциал и продуктивность вико-овсяной смеси в зависимости от обработки почвы и удобрений в условиях Северо-Западного региона // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 1(45). С. 16–21.
8. Сычев В.Г., Шаповал О.А., Можарова И.П. и др. Методические указания по проведению регистрационных испытаний новых форм удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста растений; под редакцией А.А. Завалина, А.И. Еськова; Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Всероссийский научно-исследовательский, конструкторский и проектно-технологический институт органических удобрений и торфа РАСХН. М. – Владимир:

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009. 104 с.

9. Шабалдас О.Г., Есаулко А.Н., Власова О.И., Вольгерс И.А. Фотосинтетическая активность посевов сои в зависимости от сорта в условиях Центрального Предкавказья // Земледелие. 2022. № 8. С. 31–34. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-8-31-34>
10. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Прусакова Л.Д., Можарова И.П. Регуляторы роста растений в практике сельского хозяйства. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009. 60 с.

REFERENCES

1. Бельшикина, М.Е., Кобозева Т.П., Гуреева Е.В. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода // Аграрный научный журнал. 2020. № 9. С. 4–9. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i9pp4-9>
2. Борисоник З.Б. Ячмень яровой. М.: Колос, 1974. 255 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Есаулко А.Н., Письменная Е.В., Ожередова А.Ю. и др. Влияние макро- и микроудобрений на фотосинтетическую деятельность и продукционную способность озимой пшеницы на выщелоченном черноземе // Земледелие. 2022. № 7. С. 36–39. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-7-36-39>
5. Ничипорович А.А., Строгонова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (Методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / Акад. наук СССР. Ин-т физиологии растений им. К.А. Тимирязева. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. 135 с.
6. Опытное дело в полеводстве / сост. Г.Ф. Никитенко. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.
7. Сабирова Т.П., Шукин С.В., Сабиров Р.А., Носкова Е.В. Фотосинтетический потенциал и продуктивность вико-овсяной смеси в зависимости от обработки почвы и удобрений в условиях Северо-Западного региона // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 1(45). С. 16–21.
8. Сычев В.Г., Шаповал О.А., Можарова И.П. и др. Методические указания по проведению регистрационных испытаний новых форм удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста растений; под редакцией А.А. Завалина, А.И. Еськова; Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Всероссийский научно-исследовательский, конструкторский и проектно-технологический институт органических удобрений и торфа РАСХН. М. – Владимир: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009. 104 с.
9. Шабалдас О.Г., Есаулко А.Н., Власова О.И., Вольгерс И.А. Фотосинтетическая активность посевов сои в зависимости от сорта в условиях Центрального Предкавказья // Земледелие. 2022. № 8. С. 31–34. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-8-31-34>
10. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Прусакова Л.Д., Можарова И.П. Регуляторы роста растений в практике сельского хозяйства. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009. 60 с.

Поступила в редакцию 13.12.2024

Принята к публикации 27.12.2024

УДК 633.34:535.372

DOI: 10.31857/S2500208225020032, EDN: НТҮҮНД

СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СОИ

Михаил Владимирович Беляков¹, доктор технических наук, главный научный сотрудник

Анна Андреевна Лысенкова², аспирант

¹ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО РЭУ имени Г.В. Плеханова, г. Москва, Россия

E-mail: bmv20100@mail.ru

Аннотация. Исследованы возможности определения сортовых особенностей фотолюминесценции семян сои (ранние и средне-ранние сорта) для последующего создания методики ее сортовой идентификации. Измеряли спектральные характеристики возбуждения и фотолюминесцентного излучения на дифракционном спектрофлуориметре СМ2203 со специализированным программным обеспечением. Рассчитывали интегральные параметры (поглощательная способность, поток люминесценции) и стоксов сдвиг. Возбуждение семян происходит в диапазоне 300–500 нм с основными максимумами на 365 нм, 424 нм и небольшим побочным 520 нм. Различие интегральной поглощательной способности по сортам составляет до 2,31 раза, в отдельных диапазонах – 2,66 раза. Применение для сортовой идентификации отношений поглощательных способностей как относительных величин, не зависящих от уровня фотосигнала, более предпочтительно, но сортовые различия H_{424}/H_{365} составляют только 1,5–1,6 раза. Поток фотолюминесценции для разных сортов отличается в 1,56 раза, стоксов сдвиг незначительно и не может быть параметром идентификации семян. Установлено, что люминесцентные характеристики сои имеют заметные количественные различия, но менее существенные качественные, связанные с соотношением максимумов возбуждения. Идентифицировать сорта по их люминесцентным свойствам возможно по величине потока фотолюминесценции при возбуждении излучением 424 нм, при этом целесообразно использовать различие количественных параметров. Может быть взято значение отношения интегральных поглощательных способностей при возбуждении излучением 424 и 365 нм соответственно. Определение сорта семян сои по люминесцентным свойствам позволит ускорить процесс идентификации и сократить временные и материальные затраты.

Ключевые слова: соя, сортовая идентификация, спектр возбуждения, спектр люминесценции, поток фотолюминесценции

VARIETAL FEATURES OF SOYBEAN PHOTOLUMINESCENCE

M.V. Belyakov¹, *Grand PhD in Engineering Sciences, Chief Researcher*A.A. Lysenkova², *PhD Student*¹FSBSI FSAC VIM, Moscow, Russia²Plekhanov Russian State University of Economics, Moscow, Russia

E-mail: bmw20100@mail.ru

Abstract. Identification of seed varieties is necessary to ensure the purity and yield of the variety. In this paper, the possibilities of determining the varietal characteristics of the photoluminescence of soybean seeds for the subsequent creation of a methodology for its varietal identification are investigated. Seeds of early and medium-early soybean varieties were taken for research. The spectral characteristics of excitation and photoluminescent radiation were measured using a CM2203 diffraction spectrofluorimeter with specialized software. The integral parameters (absorption capacity and luminescence flux) and the Stokes shift were calculated. Seed excitation occurs in the range of about 300–500nm with the main maxima at 365nm and 424nm and a small side 520nm. The difference in the integral absorption capacity by grades is up to 2.31 times, and in some ranges up to 2.66 times. The use of absorption ratios for varietal identification as relative values independent of the level of the photo signal is more preferable, but the varietal differences H_{41}/H_{42} are only 1.5–1.6 times. Photoluminescence fluxes differ by 1.56 times for different varieties, which will also make it possible to distinguish the seeds of some varieties. The Stokes shift for the studied varieties differs slightly and cannot be a parameter for seed identification. It was found that the luminescent characteristics of the studied soybean varieties have noticeable quantitative differences, but less significant qualitative ones related to the ratio of excitation maxima. It is possible to identify soybean seed varieties by their luminescent properties by the magnitude of the photoluminescence flux when excited by 424nm radiation, while it is advisable to use a difference in quantitative parameters. The value of the ratio of the integral absorption abilities when excited by radiation of 424nm and 365nm, respectively, can be used. Determination of the soybean seed variety by luminescent properties will speed up the identification process and significantly reduce time and material costs.

Keywords: soybeans, varietal identification, excitation spectrum, luminescence spectrum, photoluminescence flux

Развитие растениеводства и повышение его эффективности сопровождается созданием и внедрением цифровых технологий. [3] Разные сорта семян, в том числе сои, отличаются генетически, физическими чистотой, способностью к прорастанию и жизнеспособностью, которые связаны с пищевой ценностью, устойчивостью к стрессу и конечной урожайностью. В прошлом большинство сортов сои идентифицировали с помощью анализа морфологических характеристик (форма, размер, цвет и другое). Оценка морфологических характеристик может зависеть от опыта исследователя, что приводит к возможным ошибкам в диагностике сортовой чистоты. Некоторые имеют схожие морфологические характеристики, что затрудняет их различие.

Существуют другие физико-химические методы сортовой идентификации, такие как применение вертикального электрофореза запасных белков семян, ДНК-фингерпринтинга с помощью молекулярных маркеров ПЦР, газовой хроматографии, сопряженной с масс-спектрометрией. [2, 4, 5] Разработан экспресс-способ определения современных сортов и гибридов подсолнечника по геометрической форме их контуров, основанный на Фурье-анализе и статистической теории распознавания образцов. [6]

Спектроскопия в ближнем инфракрасном использует отраженный свет для анализа химического состава семян, что позволяет определять содержание влаги, масла, белка и других компонентов. Исследователями предложены методики сортовой идентификации семян кукурузы в ближнем инфракрасном диапазоне (871,61...1766,32 нм) с обработкой по методу Савицкого–Голея в сочетании со стандартными нормальными переменными, первой производной, гиперспектральной визуализации при длинах волн 400...1000 нм в сочетании с алгоритмом ансамблевого обучения в подпространстве. [8, 12, 14] Для сортовой идентификации семян сои пригодна одномерная сверточная нейронная сеть вместе с гиперспектральной технологией. [9]

Гиперспектральную съемку в ближнем инфракрасном диапазоне применяли для определения сорта семян ячменя, риса, пшеницы, сорго. [7, 10, 11, 13]

Однако современная гиперспектральная съемка проводится исключительно по морфологическим характеристикам и тоже имеет ряд существенных ограничений и недостатков. Среди них необходимость предварительной обработки для сглаживания и уменьшения размерности гиперспектральных данных, что не подходит для онлайн-режима. Кроме того, инфракрасные приборы дорогостоящие, требующие высокого качества изображения и искусственного интеллекта, более дешевые, экспрессные и простые – оптически фотолюминесцентны.

Цель работы – определение сортовых особенностей фотолюминесценции семян сои для последующего создания методики ее сортовой идентификации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – семена сои сортов *Баргузин*, *Пума*, *Саяна*, *Селена* (ранние), *Вилана*, *Грея* (средне-ранние).

Спектральные характеристики возбуждения (эффективное поглощение) и фотолюминесцентного излучения проводили на дифракционном спектрофлуориметре CM2203 со специализированным программным обеспечением. Измеряли спектры поглощения при синхронном сканировании монохроматорами в расширенном спектральном диапазоне (250...600 нм), определяя длины волн максимумов эффективного поглощения, затем спектры излучения при возбуждении на длинах волн максимального поглощения. Установив монохроматор регистрации люминесцентного свечения на длину волны максимума спектра фотолюминесценции, измеряли уточненный спектр возбуждения в более узком диапазоне. Для семян каждого сорта проводили по 20 измерений каждого спектра. [1]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектры возбуждения (поглощения) при синхронном сканировании представлены на рисунке 1.

Наибольшее эффективное поглощение происходит в диапазоне 300...500 нм. Основные максимумы находятся на длинах волн 365 и 424 нм. Длинноволновый максимум поглощения на длине волны 520 нм существенно слабее и менее заметен. Для всех исследованных сортов вид спектральных характеристик $\eta(\lambda)$ схожий, имеются различия в соотношениях максимумов ($\lambda_b=365$ нм, 424 и 520 нм), которые могут быть оценены по интегральной поглощательной способности Н:

$$H = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \eta(\lambda) d\lambda,$$

где $\eta(\lambda)$ – спектральная характеристика возбуждения (поглощения), $\lambda_1, \dots, \lambda_2$ – границы спектрального диапазона.

Результаты представлены в таблице 1.

Если говорить о величине Н во всем исследуемом спектре (250...500 нм), то различие по сортам составляет до 2,31 раза: наибольшая у *Селены*, наименьшая – *Баргузин*. Поглощательная способность для диапазона 330...375 нм (максимум возбуждения $\lambda_b=365$ нм) составляет до 2,66 раза, 400...470 нм ($\lambda_b=424$ нм) – 2,13 и 505...550 нм ($\lambda_b=520$ нм) – 2,20 раз. Отношение H_{424}/H_{365} различается до 1,5 раза, H_{365}/H_{520} – 1,6 раза. Применение для сортовой идентификации отношений погло-

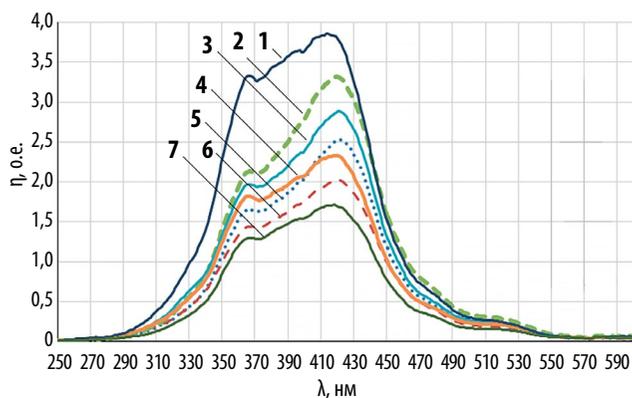


Рис. 1. Спектры возбуждения семян сои, измеренные при синхронном сканировании.

щательных способностей, как относительных величин, не зависящих от уровня фотосигнала для конкретного образца семени, – более предпочтительно, в том числе при создании алгоритмов технического контроля с помощью искусственного интеллекта.

Используя длины волн максимумов возбуждения $\lambda_b=365$ нм и 424 нм определены спектры фотолюминесцентного излучения $\phi(\lambda)$ и уточненные спектры возбуждения (рис. 2).

Кривые $\eta(\lambda)$ и $\phi(\lambda)$ имеют характерный вид стоксовых кривых, однако кривая возбуждения двумодальная с максимумами как на 424 нм, так и более коротковолновом 396 нм, меньшим на 14%. Максимум спектров люминесценции для данных сортов находится на длинах волн примерно 515...525 нм и выражен менее явно, с отрицательной величиной эксцесса. [1]

Были рассчитаны интегральные параметры спектров возбуждения и люминесценции, а также стоксов сдвиг как разность длин волн максимумов спектров $\phi(\lambda)$ и $\eta(\lambda)$ (табл. 2).

Потоки фотолюминесценции для разных сортов могут отличаться в 1,56 раза, что даже с учетом достаточно большого доверительного интервала позволит различать семена некоторых сортов. Стоксов сдвиг для исследованных сортов отличается незначительно и не может быть параметром идентификации семян ввиду субъективности его определения из-за слабой выраженности максимума спектра люминесценции.

Различие фотолюминесцентных свойств семян сои объясняется как различием содержания веществ-люминофоров (лигнин, пигменты), так и оптических поглощательных свойств поверхностной ткани.

Выводы. Люминесцентные характеристики исследованных сортов сои имеют заметные количественные различия, но менее существенные качественные, связанные с соотношением максимумов возбуждения. Идентифицировать сорта семян сои по их люминесцентным свойствам возможно по величине потока фотолюминесценции при возбуждении излучением 424 нм, при этом целесообразно использовать различие количественных параметров. Также можно взять за значение отношения интегральных поглощательных способностей при возбуждении излучением 424 и 365 нм соответственно. Возможность определения сорта семян сои по люминесцентным характеристикам позволит не только ускорить процесс идентификации, но и сократить затраты, необходимые на проведение такого анализа другими методами.

Таблица 1.

Интегральная поглощательная способность сои для различных спектральных диапазонов

Сорт	Н ± ΔН, о. е., нм				H_{424}/H_{365}	H_{365}/H_{520}
	250...600	330...375	400...470	505...550		
<i>Баргузин</i>	181 ± 51	41 ± 13	82 ± 23	5,4 ± 0,8	2,0 ± 0,2	7,4 ± 1,4
<i>Вилана</i>	250 ± 40	53 ± 11	120 ± 17	7,2 ± 0,6	2,4 ± 0,2	7,1 ± 1,3
<i>Вилана бета</i>	217 ± 21	48 ± 6	100 ± 8	6,4 ± 0,3	2,2 ± 0,2	7,3 ± 0,8
<i>Грея</i>	333 ± 21	68 ± 8	161 ± 10	10,5 ± 0,6	2,4 ± 0,3	6,6 ± 1,0
<i>Лума</i>	295 ± 49	65 ± 11	137 ± 19	8,3 ± 1,2	2,2 ± 0,3	7,8 ± 1,4
<i>Саяна</i>	251 ± 24	60 ± 7	109 ± 12	7,4 ± 0,6	1,8 ± 0,1	8,2 ± 1,0
<i>Селена</i>	419 ± 66	109 ± 20	175 ± 28	8,6 ± 1,0	1,6 ± 0,1	13 ± 2,0

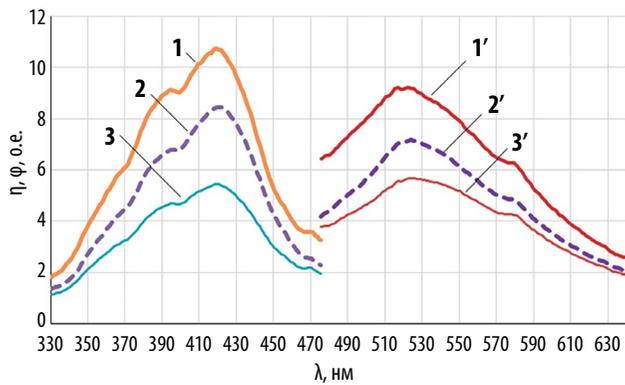


Рис. 2. Спектральные характеристики возбуждения (поглощения) и люминесцентного свечения семян соргов: *Селена* (1 и 1'), *Пума* (2 и 2') и *Саяна* (3 и 3').

Таблица 2.

Интегральные параметры и стоксов сдвиг спектров соргов при возбуждении $\lambda_b = 424$ нм

Сорт	$\Phi \pm \Delta\Phi$, о. е.	$H \pm \Delta H$, о. е.	$\Delta\lambda$, нм
<i>Вилана</i>	688 ± 77	491 ± 63	102
<i>Вилана бета</i>	717 ± 60	507 ± 42	104
<i>Грея</i>	973 ± 70	601 ± 60	105
<i>Пума</i>	809 ± 49	697 ± 43	104
<i>Саяна</i>	685 ± 61	490 ± 33	105
<i>Селена</i>	1067 ± 125	920 ± 102	101

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беляков М.В. Люминесцентный метод и оптико-электронные устройства экспресс-диагностики качества семян агрокультур: специальность 05.20.02 “Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве”: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук Смоленск, 2021. 438 с.
2. Клименков Ф.И., Клименкова И.Н., Иванова Л.П. и др. Лабораторный сортовой контроль в практике первичной селекции и семеноводства, идентификации и сортовой чистоты семян зерновых культур // *Аграрная Россия*. 2023. № 12. С. 23–28. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-12-23-28>
3. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. № 4. С. 6–10. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
4. Смоликова Г.Н., Шаварда А.Л., Алексейчук И.В. и др. Метаболомный подход к оценке сортовой специфичности семян *Brassica napus* L. // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015. № 19(1). С. 121–127. <https://doi.org/10.18699/VJ15.015>
5. Ториков В.Е., Шпилев Н.С., Клименков Ф.И. Использование электрофоретических методов для идентификации сортов зерновых культур // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019. № 2(172). С. 5–12.
6. Шаззо А.А., Корнена Е.П., Кабалина Е.В. Экспресс-способ идентификации современных сортов и гибридов семян подсолнечника на основе спектрального анализа контура изображения // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2009. № 1(307). С. 111–112.

7. Bu Y., Jiang X., Tian J. et al. Rapid nondestructive detecting of sorghum varieties based on hyperspectral imaging and convolutional neural network // *J Sci Food Agric*. 2023. Vol. 103. PP. 3970–3983. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12344>
8. Fu L., Sun J., Wang S. et al. Identification of maize seed varieties based on stacked sparse autoencoder and near-infrared hyperspectral imaging technology // *Journal of Food Process Engineering*. 2022. Vol. 45. No. 9. e14120. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14120>
9. Li H., Zhang L., Sun H., et al. Identification of soybean varieties based on hyperspectral imaging technology and one-dimensional convolutional neural network // *Journal of Food Process Engineering*. 2021. Vol. 44. No. 8. e13767. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13767>
10. Singh T., Garg N.M., Iyengar S. R. S. Nondestructive identification of barley seeds variety using near-infrared hyperspectral imaging coupled with convolutional neural network // *Journal of Food Process Engineering*. 2021. Vol. 44. No. 10. e13821. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13821>
11. Sun J., Zhang L., Zhou X. et al. A method of information fusion for identification of rice seed varieties based on hyperspectral imaging technology // *Journal of Food Process Engineering*. 2021. Vol. 44. No. 9. e13797. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13797>
12. Wang Y., Song S. Variety identification of sweet maize seeds based on hyperspectral imaging combined with deep learning // *Infrared Physics & Technology*. 2023. Vol. 130. 104611. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2023.104611>
13. Zhao X., Que H., Sun X. et al. Hybrid convolutional network based on hyperspectral imaging for wheat seed varieties classification // *Infrared Physics & Technology*. 2022. Vol. 125. 104270. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2022.104270>
14. Zhou Q., Huang W., Tian X., et al. Identification of the variety of maize seeds based on hyperspectral images coupled with convolutional neural networks and subregional voting // *J Sci Food Agric*, 2021. Vol. 101. PP. 4532–4542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11095>

REFERENCES

1. Belyakov M.V. Lyuminescentnyj metod i optiko-elektronnyye ustrojstva ekspress-diagnostiki kachestva semyan agrokul'tur: special'nost' 05.20.02 “Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v sel'skom hozyajstve”: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk Smolensk, 2021. 438 s.
2. Klimenkov F.I., Klimenkova I.N., Ivanova L.P. i dr. Laboratornyj sortovoj kontrol' v praktike pervichnoj selekcii i semenovodstva, identifikacii i sortovoj chistoty semyan zernovykh kul'tur // *Agrarnaya Rossiya*. 2023. № 12. S. 23–28. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-12-23-28>
3. Lobachevskij Ya.P., Dorohov A.S. Cifrovye tekhnologii i robotizirovannye tekhnicheskie sredstva dlya sel'skogo hozyajstva // *Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. T. 15. № 4. S. 6–10. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
4. Smolikova G.N., Shavarda A.L., Aleksejchuk I.V. i dr. Metabolomnyj podhod k ocenke sortovoj specifichnosti semyan *Brassica napus* L. // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2015. № 19(1). S. 121–127. <https://doi.org/10.18699/VJ15.015>
5. Torikov V.E., Shpilev N.S., Klimenkov F.I. Ispol'zovanie elektroforeticheskikh metodov dlya identifikacii sortov zernovykh kul'tur // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 2(172). S. 5–12.
6. Shazzo A.A., Kornena E.P., Kabalina E.V. Ekspress-sposob identifikacii sovremennykh sortov i gibridov semyan podsolnechnika na osnove spektral'nogo analiza kontura izo-

- brazheniya // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya. 2009. № 1(307). S. 111–112.
7. Bu Y., Jiang X., Tian J. et al. Rapid nondestructive detecting of sorghum varieties based on hyperspectral imaging and convolutional neural network // J Sci Food Agric. 2023. Vol. 103. PP. 3970–3983. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12344>
 8. Fu L., Sun J., Wang S. et al. Identification of maize seed varieties based on stacked sparse autoencoder and near-infrared hyperspectral imaging technology // Journal of Food Process Engineering. 2022. Vol. 45. No. 9. e14120. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14120>
 9. Li H., Zhang L., Sun H., et al. Identification of soybean varieties based on hyperspectral imaging technology and one-dimensional convolutional neural network // Journal of Food Process Engineering. 2021. Vol. 44. No. 8. e13767. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13767>
 10. Singh T., Garg N.M., Iyengar S. R. S. Nondestructive identification of barley seeds variety using near-infrared hyperspectral imaging coupled with convolutional neural network // Journal of Food Process Engineering. 2021. Vol. 44. No. 10. e13821. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13821>
 11. Sun J., Zhang L., Zhou X. et al. A method of information fusion for identification of rice seed varieties based on hyperspectral imaging technology // Journal of Food Process Engineering. 2021. Vol. 44. No. 9. e13797. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13797>
 12. Wang Y., Song S. Variety identification of sweet maize seeds based on hyperspectral imaging combined with deep learning // Infrared Physics & Technology. 2023. Vol. 130. 104611. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2023.104611>
 13. Zhao X., Que H., Sun X. et al. Hybrid convolutional network based on hyperspectral imaging for wheat seed varieties classification // Infrared Physics & Technology. 2022. Vol. 125. 104270. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2022.104270>
 14. Zhou Q., Huang W., Tian X., et al. Identification of the variety of maize seeds based on hyperspectral images coupled with convolutional neural networks and subregional voting // J Sci Food Agric, 2021. Vol. 101. PP. 4532–4542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11095>

Поступила в редакцию 17.12.2024
Принята к публикации 31.12.2024

УДК 633.34:631

DOI: 10.31857/S2500208225020041, EDN: HUMBBF

АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПРИЗНАКУ «СБОР БЕЛКА С ЕДИНИЦЫ ПЛОЩАДИ»

Елена Васильевна Гуреева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Анна Викторовна Солодягина, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
с. Подвьязь, Рязанская обл., Россия
E-mail: elenagureeva@bk.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2021–2023 годах в Институте семеноводства и агротехнологий (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), расположенном в Рязанской области. Уровень адаптивных свойств перспективных сортообразцов сои оценивали по признаку «сбор белка с единицы площади» общепринятыми методами. Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая, содержание органического вещества – 4,95%, подвижного фосфора – 213 мг/кг почвы, подвижного калия – 155 мг/кг почвы, общего азота – 0,228%, рНсол. – 4,91 ед. Установлено, что среднее содержание белка в семенах варьировало от 37,0 до 42,8%, у стандарта – 40,2%, сбор белка за период исследований – 750 кг/га. Слабую вариабельность показателя «сбор белка с единицы площади» наблюдали у сортообразцов Н-25/17, Н-7/17, Н-19/17 и Н-32/17 ($V = 6,7–9,7\%$). Для определения адаптивности сорта использовали коэффициент отзывчивости на условия внешней среды – от 1,12 (Н-25/17) до 2,02 (Н-9/17). Линии Н-19/17 и Н-25/17 обладают высокой генетической гибкостью и имеют слабую вариабельность показателя «сбора белка с единицы площади» – 8,7 (Н-19/17) и 6,7% (Н-25/17).

Ключевые слова: Рязанская область, соя, сортообразец, белок, сбор белка, адаптивность, стрессоустойчивость

ADAPTIVE PROPERTIES OF PROSPECTIVE SOYBEAN VARIETIES IN THE RYAZAN REGION CONDITIONS BY THE FEATURE OF “PROTEIN COLLECTION PER UNIT OF AREA”

E.V. Gureeva, *PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher*
A.V. Solodyagina, *Junior Researcher*

Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal State Budgetary Budgetary Institution
“Federal Scientific Agroengineering Center VIM” s. Podvyazye, Ryazan region, Russia
E-mail: elenagureeva@bk.ru

Abstract. Soy is a common leguminous and oilseed crop of our planet and has great food and feed value. Its seeds contain from 37 to 42% protein, from 19 to 22% oil and up to 30% carbohydrates. Soy protein is considered to be the highest quality and cheapest biochemical component in solving the problem of protein deficiency in the world. The research was carried out in 2021–2023 at the Institute of Seed Production and Agrotechnology (ISA – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM), located in the Ryazan region. The level of adaptive properties of

promising soybean cultivars was assessed on the basis of "protein collection per unit area" using generally accepted techniques. The experimental site is represented by dark gray forest heavy loamy soil, with an organic matter content of 4.95%, mobile phosphorus – 213 mg/kg of soil, mobile potassium – 155 mg/kg of soil, total nitrogen – 0.228%; pH value – 4.91 units. As a result of the research, it was found that the average protein content in the seeds of the samples ranged from 37.0% to 42.8%, while the standard protein content in the seeds averaged 40.2%. The average protein harvest during the study period was 750 kg/ha. Weak variability of the indicator "protein collection per unit area" was observed in cultivars H-25/17, H-7/17, H-19/17 and H-32/17 ($V = 6.7–9.7\%$). To determine the adaptability of the variety, the coefficient of responsiveness to environmental conditions was used: the value of the indicator varied from 1.12 in H-25/17 to 2.02 in H-9/17. The lines H-19/17 and H-25/17, which have high genetic flexibility and have low variability in the protein collection rate per unit area – 8.7% in the H-19/17 line and 6.7% in the H-25/17 variety.

Keywords: Ryazan region, soy, variety, protein, protein harvesting, adaptability, stress resistance

Соя (*Glycine hispida*) – самая распространенная зернобобовая и масличная культура нашей планеты, экологически пластичная. Ее возделывают более чем в шестидесяти странах на пяти континентах в тропическом, умеренном и субтропическом поясах. В семенах содержится от 37 до 42% белка, 19...22% масла и до 30% углеводов. [1, 10] Такой состав позволяет использовать сою как сырье для пищевых, кормовых и технических целей. [13]

Основной скачок в росте посевных площадей под сою произошел в 2017 году, к 2020 площади увеличились на 673%, по сравнению с 2000 годом, и на 141% за последние шесть лет, что составило 2832,7 тыс. га. [7] В 2023 году в Рязанской области сою высевали на площади 96 тыс. га, в 2024 – свыше 100 тыс. га. [12]

Белок сои – высококачественный и дешевый. Учеными установлено, что состав незаменимых аминокислот соевого белка аналогичен составу белков животного происхождения. В сортах сои, удовлетворяющих всех производителей, содержание сырого протеина должно быть 34...36%, до настоящего времени этот показатель был на уровне 32%. Его количество обусловлено работами генетиков и селекционеров, а также особенностями сорта. [9]

Большую роль в увеличении размера и качества урожая играет приспособленность сорта к местным условиям. Для регионов с контрастными погодными условиями (Рязанская обл.) селекция сои должна иметь ярко выраженную адаптивную направленность. [4]

Адаптивный сорт обладает экологической пластичностью, сочетает стабильно высокую продуктивность с качеством зерна, устойчив к различным биотическим и абиотическим стрессорам. Важнейшая задача селекции – создание агроэкологических сортов. [11]

Цель работы – изучение адаптивных свойств сортообразцов сои в условиях Рязанской области по признаку «сбор белка с единицы площади».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2021–2023 годах в Институте семеноводства и агротехнологий (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), расположенном в Рязанской области, питомник конкурсного сортоиспытания. Уровень адаптивных свойств семи перспективных сортообразцов сои оценивали по признаку «сбор белка с единицы площади». Стандарт – сорт сои *Магева*. Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая, содержание органического вещества – 4,95%, подвижного фосфора – 213 мг/кг почвы, подвижного калия – 155 мг/кг почвы, общего азота – 0,228%, рНсол. – 4,91 ед.

Закладку опыта, наблюдения и учеты осуществляли согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1983), биометрический анализ образцов выполняли по методическим указаниям ВИР (2010). Экспериментальные данные обрабатывали по Б.А. Доспехову. [5] Определяли устойчивость к стрессу ($Y_{min} - Y_{max}$) и генетическую гибкость ($(Y_{max} + Y_{min})/2$) – по А.А. Россиелле и Ж. Немблин в изложении А.А. Гончаренко, индекс экологической пластичности (ИЭП) – по А.А. Грязнову, коэффициент адаптивности (КА) по Л.А. Животкову, коэффициент отзывчивости (Кр) по В.А. Зыкину. [2, 3, 6, 8]

Погодные условия по температурному режиму имели небольшие различия, а по влагообеспеченности значительно отличались от среднемноголетних показателей. Вегетационные периоды за годы исследований характеризовались как очень засушливые.

В 2021 году продолжительное воздействие жары способствовало стремительному прохождению фаз вегетационного периода. В критические фазы развития сои бутонизация-цветение (II и III декада июня) при повышенных температурах воздуха (превышение нормы на 5,9...11,5°C) осадков выпало только 9,8 мм. Максимальные дневные температуры достигали 35,0°C. Среднесуточная температура за III декаду июня составила 28,9°C, что выше оптимальных значений на 3,9...6,9°C, ГТК – 0,67. Вегетационный период вызревших сортообразцов колебался в зависимости от генотипа – 82...135 сут.

В 2022 году в июле была жаркая, сухая погода, среднесуточная температура воздуха на 3,2...7,1°C выше среднемноголетних значений. В фазе цветения осадков не было совсем, а за месяц выпало только 16,0 мм, что на 48,0 мм ниже среднемноголетних значений, ГТК – 0,22. Все три декады августа характеризовались жаркой погодой, среднесуточная температура воздуха была на 6,9...11,5°C выше среднемноголетних. Осадков выпало 12,8 мм, что на 46,2 мм ниже нормы, ГТК – 0,16. Средняя температура воздуха при наливе семян сои – 25,5°C, что выше оптимальной для данной фазы развития в среднем на 4°C, максимальная достигала 34,0°C, ГТК сезона – 0,35. В исследованиях вегетационный период колебался в зависимости от генотипа – 78...119 сут.

За вегетацию 2023 года ГТК равен 0,50. В I декаде июля в фазе цветения отмечали жаркую и сухую погоду. Среднесуточная температура воздуха была на 2,6...4,6°C выше среднемноголетних значений, ГТК – 0,8. В III декаде июля при оптимальных температурах воздуха выпало двукратное количество осадков, что положительно сказалось на формировании бобов и наливе семян. В августе превышение среднесуточной температуры воздуха было на 3,7...7,3°C, дневная мак-

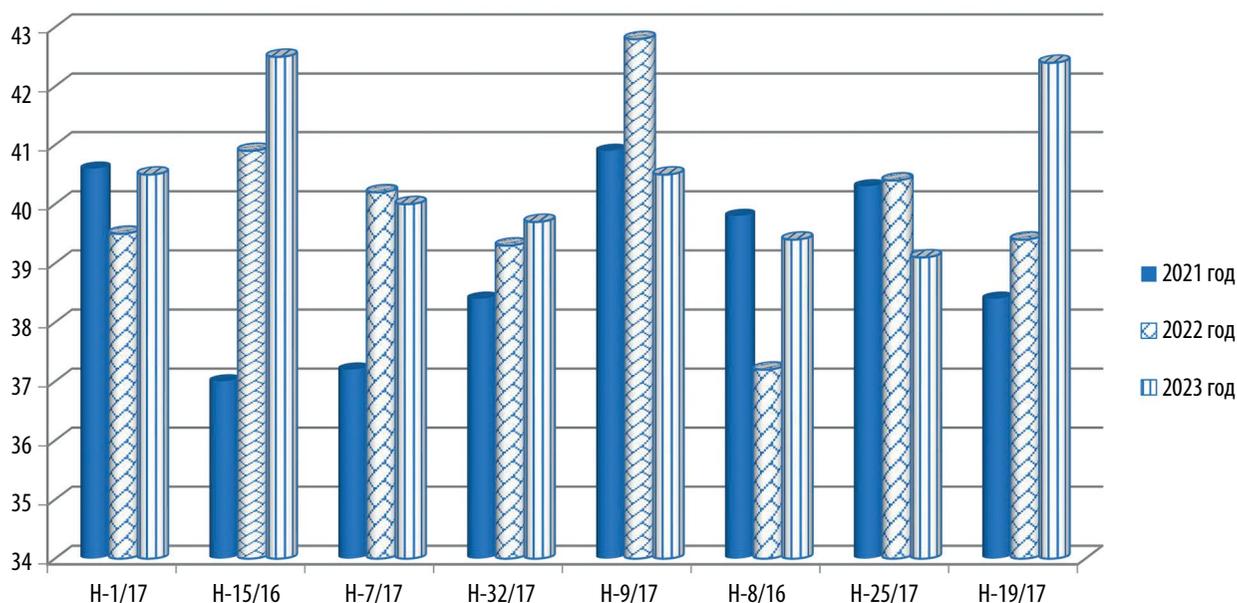


Рис. 1. Содержание белка в семенах сои за 2021–2023 годы, %.

симальная температура – 32,5°C на фоне недостатка влаги (за месяц выпало 38,3% среднеголетних). Вегетационный период у сортообразцов – 96...10 сут., стандарта – 103.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что количество белка в семенах по годам варьировало от 37,0 до 42,8%, у стандарта – 40,2% (рис. 1).

Между содержанием белка и масла в семенах наблюдается отрицательная взаимосвязь на среднем уровне, коэффициент корреляции $r = -0,537 \pm 0,11$.

Наиболее благоприятные условия для сбора белка были в 2023 году (табл. 1). Его повышенному накоплению в семенах способствовали климатические условия вегетационного периода. В фазе налива семян при оптимальной температуре воздуха выпало двукратное количество осадков.

Коэффициент адаптивности основан на сравнении данных по сбору белка каждого из испытуемых сортообразцов со среднесортovým в изучаемом году. В опыте он варьировал от 87,0 (Н-32/17) до 110,1% (Н-19/17). Три сорта имели показатель выше 100% – Н-19/17, Н-9/17 и Н-25/17 (табл. 1).

Б.А. Доспехов указал на надежность использования коэффициента вариации в качестве параметра стабильности количественных признаков. В работе слабую вариабельность показателя «сбора белка с единицы площади» наблюдали у Н-25/17, Н-7/17, Н-19/17 и Н-32/17 ($V = 6,7...9,7\%$).

Мерой относительной стабильности целесообразно считать показатель, дополняющий значение коэффициента вариации до 100%. Приемлемые для производства сорта, у которых этот показатель превышает 70%. Этому уровню соответствовали все номера, кроме стандарта *Магева* и линии Н-9/17.

Приспособительные способности сортообразцов сои к стрессу определяли как разность значений минимального и максимального сбора белка. Показатель имеет отрицательное значение, и чем меньше разрыв

Таблица 1. Сбор белка с единицы площади, кг/га

Сортообразец	Год			Yi
	2021	2022	2023	
Н-1/17, st	530,0	699,8	996,3	742,0
Н-15/16	693,7	858,2	614,0	722,0
Н-7/17	806,2	698,4	746,5	750,4
Н-32/17	657,2	601,6	729,5	662,8
Н-9/17	847,7	487,6	982,8	772,7
Н-8/16	746,2	623,8	817,0	729,0
Н-25/17	755,5	757,4	847,4	786,8
Н-19/17	795,9	796,3	922,5	838,2
Среднее, X	729,1	690,4	832,0	750,5
Ошибка средней	35,7	44,6	51,7	

между минимальным и максимальным уровнем, тем выше стрессоустойчивость сорта – от –91,9 (Н 25/17) до –495 кг/га (Н-9/17) (табл. 2).

Показатель генетической гибкости сортов отражает средний сбор белка в контрастных условиях среды и устанавливает степень соответствия генотипа разнообразию погодных и агротехнических условий. Линия Н-19/17 сформировала самый высокий сбор белка с единицы площади ($Y_{max} = 838$ кг/га).

Для определения адаптивности сорта использовали коэффициент отзывчивости на условия внешней среды, его величина варьировала от 1,12 (Н-25/17) до 2,02 (Н-9/17) (рис. 2). Все сортообразцы положительно отзывались на условия выращивания, особенно Н-9/17 ($Kp = 2,02$).

Мы провели оценку сортообразцов в наших условиях, используя индекс экологической пластичности (ИЭП). Чем он выше, тем сорт пластичнее, а значит, более ценный при выращивании. В опыте он был в пределах 1,0 (ИЭП = 0,9...1,1).

Таблица 2.

Адаптивность и стрессоустойчивость сортообразцов сои по сбору белка, кг/га

Сортообразец	Сбор белка, кг/га			Стрессоустойчивость		Адаптивность, %			ИЭП
	min	max	средний	$(Y_{\min} - Y_{\max})$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	V	B	KA	
H-1/17	530,0	996,3	742,0	-466,3	763,2	20,0	56,7	104,2	1,0
H-15/16	614,0	858,2	722,0	-244,2	736,1	17,2	82,8	96,5	0,9
H-7/17	698,4	806,2	750,4	-107,8	752,3	7,2	92,8	99,0	1,0
H-32/17	601,6	729,5	662,8	-127,9	655,6	9,7	90,3	87,0	0,9
H-9/17	487,6	982,8	772,7	-495,2	735,2	33,1	66,9	104,7	1,1
H-8/16	623,8	817,0	729,0	-193,2	720,4	13,4	86,6	95,4	0,9
H-25/17	755,5	847,4	786,8	-91,9	801,5	6,7	93,3	103,4	1,0
H-19/17	795,9	922,5	838,2	-126,6	859,2	8,7	91,3	110,1	1,1
Среднее, X	638,4	869,9	750,5	231,6	752,9	14,5	82,6	100,0	1,0

Примечание. Y_{\min} – минимальная урожайность; Y_{\max} – максимальная урожайность; $(Y_{\min} - Y_{\max})$ – стрессоустойчивость; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – генетическая гибкость; V – коэффициент вариации; B – коэффициент выравненности; KA – коэффициент адаптивности; ИЭП – индекс экологической пластичности.

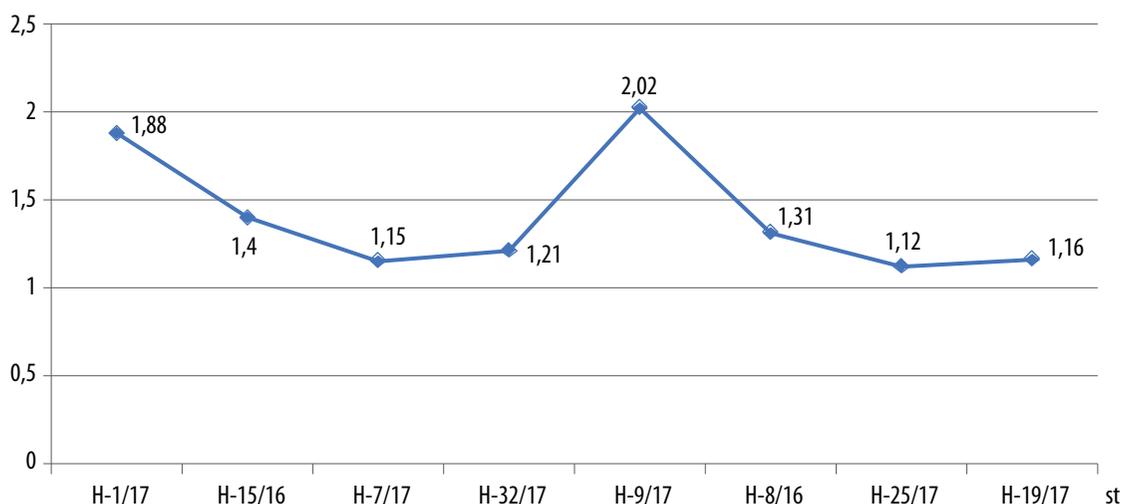


Рис. 2. Коэффициент отзывчивости (Кр) на улучшение условий выращивания сои (по В.А. Зыкину).

Выводы. Определен уровень адаптивных свойств у сортообразцов сои в условиях Рязанской области в 2021–2023 годах. Выделены линии (H-19/17 и H-25/17), имеющие соответственно средний сбор белка (838 и 786 кг/га), высокую генетическую гибкость, коэффициент адаптивности (110,1 и 103,4%) и слабую вариативность показателя сбора белка с единицы площади (8,7 и 6,7%).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Арькова Ж.А., Манаенков К.А., Колдин М.С. и др. Эффективность борьбы с сорняками в посевах сои на территории Тамбовской области // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 4 (18). С. 15–20.
2. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
3. Грязнов А.А. Карабалыкский ячмень. Кустанай: Из-во: Печат. двор, 1996. 448 с.
4. Гуреева Е.В., Солодягина А.В. Оценка сортов сои мировой коллекции в условиях Центрального Нечерноземья по признаку «масса семян с одного растения» // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16. № 2. С. 62–66. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-62-66>
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 352 с.
6. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
7. Зубарева К.Ю., Бобков С.В., Хрыкина Т.А. Влияние органоминеральных микроудобрений на накопление белка в органах растений и качество зерна сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 2 (42). С. 5–15. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-5-15>
8. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Корнева С.П. Методика расчета параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». Омск, 2008. 36 с.
9. Сидорова Е.К., Федосеева В.В. Эффективное увеличение производственных посевов под соей в Орловской

области, обладающими высоким процентным содержанием белка и жира в соевых бобах // Вестник аграрной науки. 2023. № 1(100). С. 154–160.

10. Филимонов Я.И., Коцарева Н.В. Повышение белка сои агротехническими приемами // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 18–21.
11. Юсова О.А., Николаев П.Н., Васюкевич В.С. и др. Уровень качества зерна омских сортов овса ярового в контрастных экологических условиях // Вестник НГАУ. 2020. № 2 (55). С. 84–96.
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96>
12. Gureeva E.V., Levakova O.V. Remote monitoring of chlorophyll content in soybean crops in the conditions of the Ryazan region // BIO Web of Conferences. 2023. 71. 01090.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101090>
13. Jiang H., Egli D.B. Soybean seed number and crop growth rate during flowering // Agronomy Journal. 1995. Vol. 87. PP. 264–267.

REFERENCES

1. Ar'kova Zh.A., Manaenkov K.A., Koldin M.S. i dr. Effektivnost' bor'by s sornyakami v posevah soi na territorii Tambovskoj oblasti // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2017. № 4 (18). С. 15–20.
2. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur. Vestnik RASHN. 2005. № 6. С. 49–53.
3. Gryaznov A.A. Karabalykskij yachmen'. Kustanaj: Iz-vo: Pechat. dvor, 1996. 448 s.
4. Gureeva E.V., Solodyagina A.V. Ocenka sortov soi mirovoj kollekcii v usloviyah Central'nogo Nechernozem'ya po priznaku «massa semyan s odnogo rasteniya» // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2024. T. 16. № 2. С. 62–66.
<https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-62-66>
5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
6. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Metodika vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnykh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu urozhajnosti // Selekcija i semenovodstvo. 1994. № 2. С. 3–6.
7. Zubareva K.Yu., Bobkov S.V., Hrykina T.A. Vliyanie organomineral'nykh mikroudobrenij na nakoplenie belka v organah rastenij i kachestvo zerna soi // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2022. № 2 (42). С. 5–15.
<https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-5-15>
8. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Korneva S.P. Metodika rascheta parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rastenij po discipline «Ekologicheskaya genetika». Omsk, 2008. 36 s.
9. Sidorova E.K., Fedoseeva V.V. Effektivnoe uvelichenie proizvodstvennykh posevov pod soej v Orlovskoj oblasti, obladayushchimi vysokim procentnym sodержaniem belka i zhira v soevykh bobah // Vestnik agrarnoj nauki. 2023. № 1(100). С. 154–160.
10. Filimonov Ya.I., Kocareva N.V. Povyshenie belka soi agrotekhnicheskimi priemami // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2023. № 2. С. 18–21.
11. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Vasyukevich V.S. i dr. Uroven' kachestva zerna omskih sortov ovsa yarovogo v kontrastnykh ekologicheskikh usloviyah // Vestnik NGAU. 2020. № 2 (55). С. 84–96.
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96>
12. Gureeva E.V., Levakova O.V. Remote monitoring of chlorophyll content in soybean crops in the conditions of the Ryazan region // BIO Web of Conferences. 2023. 71. 01090.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101090>
13. Jiang H., Egli D.B. Soybean seed number and crop growth rate during flowering // Agronomy Journal. 1995. Vol. 87. PP. 264–267.

Поступила в редакцию 01.10.2024
Принята к публикации 15.10.2024

УДК 537.53:633.11+632

DOI: 10.31857/S2500208225020058, EDN: HUNBEI

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОРАЖЕННОСТЬ БОЛЕЗНЯМИ

Надежда Николаевна Лой, кандидат биологических наук

Наталья Ивановна Санжарова, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Обнинск, Калужская обл., Россия

E-mail: loy.nad@yandex.ru

Аннотация. В лабораторных условиях климатической камеры изучено действие предпосевного низкоэнергетического электронного облучения семян на показатели развития проростков яровой пшеницы сорта Ирень. В эксперименте использовали семена, естественно пораженные корневой гнилью (возбудители – *Drechslera teres* и *Fusarium spp.*). Облучали в диапазоне 1–5 кГр на электронном ускорителе «Дуэт» в ИСЭ СО РАН, мощность излучения – 100 Гр/импульс, при двух энергиях электронов – 100 (режим 1) и 120 кэВ (режим 2). Семена проращивали в рулонах фильтровальной бумаги через 9 и 12 сут. после облучения. Контроль – необлученные семена, повторность трехкратная. При пострадиационном периоде 9 сут. отмечено достоверное увеличение на 1% лабораторной всхожести при дозах 2 и 4 кГр (режим 1) и 1 и 4 кГр (режим 2), длины корней – 1 и 5 кГр (режим 1) на 4,3 и 3,4% и при 1–3 кГр (режим 2) на 4–5%, а также отсутствие достоверного влияния на содержание свободного пролина и активность каталазы в семисуточных проростках. При пострадиационном периоде 12 сут. облучение в дозе 2 кГр (режим 1) стимулировало длину роста на 11,2%, а при 5 (режим 1) и 2–5 кГр (режим 2) угнетало на 12,2 и 20,4–32,0% соответственно. При дозах 3 и 5 кГр (режим 2) длина корней проростков снизилась на 7,6 и 6,1%. Облучение увеличило сырую массу проростков при 1–5 кГр (режим 1) на 6,7–11,7%, 1 и 2 кГр (ре-

жим 2) — на 8,7–17,8%, а при дозах 3–5 кГр (режим 2), напротив, уменьшило на 21,6–32,3%. Учет пораженности семисуточных проростков пшеницы болезнями при закладке в разные сроки после облучения семян показал, что в пострадиационном периоде 12 сут. развитие болезней было ниже, чем при 9 сут.

Ключевые слова: электронное облучение, яровая пшеница, развитие проростков, содержание пролина, активность каталазы, пораженность болезнями

INFLUENCE OF PRE SEEDING ELECTRONIC IRRADIATION TO THE SPRING WHEAT SEEDLINGS AND DISEASES INCIDENCE INDICATORS

N.N. Loy, *PhD in Biological Sciences*

N.I. Sanzharova, *Grand PhD in Biological Sciences, Corresponding Member of the RAS*

Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute», Obninsk, Kaluga region, Russia

E-mail: loy.nad@yandex.ru

Abstract. In the laboratory conditions of the climate chamber, a model experiment was conducted to study the effect of pre-sowing low-energy electron irradiation of seeds on the development indicators of spring wheat seedlings of the Iren variety. In the experiment, seeds naturally affected by root rot (pathogens *Drechslera teres* and *Fusarium spp*) were used. Irradiation in the range of 1–5 kGy was carried out on the electronic accelerator “Duet” at the ISE SB RAS, the radiation power is 100 100 Gy/pulse, at two electron energies — 100 keV (mode 1) and 120 keV (mode 2). The seeds were germinated in rolls of filter paper 9 and 12 days after irradiation. Unirradiated seeds served as a control. The repetition in the experiments is threefold. During the irradiation period of 9 days, there was a significant 1% increase in laboratory germination at doses of 2 and 4 kGy (electron energy 100 keV, mode 1) and at doses 1 and 4 kGy (electron energy 120 keV, mode 2), root lengths at doses 1 and 5 kGy (mode 1) by 4.3 and 3.4% and at doses of 1–3 kGy (mode 2) by 4–5% and there is no significant effect on the content of free proline and catalase activity in 7 daily wheat seedlings. During the irradiation period of 12 days, irradiation stimulated the length of the sprout at a dose of 2 kGy (mode 1) by 11.2%, and at doses of 5 kGy (mode 1) and 2–5 kGy (mode 2) it depressed by 12.2 and 20.4–32%, respectively. At doses of 3 and 5 kGy (mode 2), the length of the roots of seedlings decreased by 7.6 and 6.1%. Irradiation caused an increase in the crude mass of seedlings at doses of 1–5 kGy (mode 1) by 6.7–11.7% and at doses of 1 and 2 kGy (mode 2) by 8.7–17.8%, and at doses of 3–5 kGy (mode 2), on the contrary, a decrease of 21.6–32.3%. Taking into account the infestation of 7 daily wheat seedlings with diseases when laying at different times after irradiation of seeds showed that during the irradiation period of 12 days, the development of diseases was lower than during the period of 9 days.

Keywords: electron irradiation, spring wheat, seedling development, proline content, catalase activity, disease incidence

В системе мероприятий, направленных на повышение производства зерна и улучшение его качества, определенную роль играет предпосевная обработка семян с целью защиты сельскохозяйственных растений от патогенной микрофлоры.

Актуальность данного приема важна из-за того, что возбудители грибных и бактериальных болезней после высева семян в почву поражают растения, угнетают развитие, снижают урожайность.

Загрязненность патогенной микрофлорой почвы и семенного материала достигает в Российской Федерации высоких значений. В семенном фонде хозяйств практически отсутствует здоровый материал. [5]

Современные исследования направлены на использование ионизирующих излучений (ИИ) для предпосевной обработки семян с целью борьбы с возбудителями болезней. Применение технологии предпосевной обработки до недавнего времени было ограничено невозможностью излучения с высокой проникающей способностью и необходимостью применения больших доз облучения, при которых повреждались клетки семян, отвечающие за их прорастание. С развитием низкоэнергетического электронного облучения (до 300 кэВ) эту проблему удастся разрешить (e-ventus технология). В этом случае на поверхности зерна, проходящего через электронный пучок, формируется доза облучения, достаточная для инактивации патогенов, а внутри пространства семени она минимальна.

В работе [9] показано, что при обработке семян пшеницы электронным пучком с энергией 305 кэВ наблюдается экспоненциальное снижение всхожести семян при поглощенной дозе 0,8 кГр, большее об-

лучение провоцирует полную невосхожесть. Снижая энергию электронного пучка до 200 кэВ в диапазоне поглощенных доз 0,8...5,6 кГр всхожесть остается на уровне контроля, однако с увеличением дозы этот показатель снижается. При энергии электронов 200 кэВ и поглощенной дозе 0,8...4,0 кГр происходит дезинфицирующий эффект и сохраняются нормальные показатели всхожести и энергии прорастания. Дезинфекция происходит, если энергия электронов (300 кэВ) и поглощенная доза (0,8...8,0 кГр) высокие, но страдают показатели всхожести и энергии прорастания. Авторы рекомендуют предпосевную обработку семян пшеницы низкоэнергетическим электронным излучением энергией 200 кэВ (0,8...4 кГр). [9]

Другими учеными установлено, что использование поглощенных доз для облучения *Triticum L.* выше 2 кГр вызывает ингибирование всхожести и роста при энергии пучка 500 кэВ и 10 МэВ. [6]

Цель работы — изучить действие предпосевого электронного облучения на показатели развития проростков яровой пшеницы в зависимости от величины пострадиационного периода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения — семена пшеницы яровой (*Triticum aestivum L.*) сорта *Ирень* (первая репродукция), созданного на Красноуфимской селекционной станции совместно с Уральским НИИСХ (разновидность мильтурум, раннеспелый, вегетационный период — 70...80 дн.). Высокоустойчив к полеганию, устойчив к мучнистой росе и пыльной головне.

Семена облучали на электронном ускорителе «Дуэт» в ИСЭ СО РАН по методике. [10] Дозы облучения в диапазоне 1...5 кГр с шагом в 1 кГр при двух энергиях электронов – 100 (режим 1) и 120 кэВ (режим 2).

Навеска семян на каждую дозу составляла 15 г. Семена рассыпали одним слоем в чашке Петри и помещали на расстоянии 20 мм от выводного окна ускорителя. Мощность излучения – 100 Гр/импульс. Суммарную введенную дозу набирали изменением количества импульсов, глубина поглощения дозы не превышала 300 мкм.

После облучения семена проращивали в рулонах фильтровальной бумаги в течение 7 сут. в термостате при температуре 20 °С по методике. [3] Проведено два лабораторных опыта: в первом семена заложили на проращивание через 9 сут. после облучения, во втором – через 12 сут. Повторность – трехкратная.

При проведении лабораторных опытов оценивали следующие показатели: лабораторную всхожесть (ЛВ), силу роста семян (СРС), длину ростка и корешка (Лр и Лк), сырую и сухую массу проростков (Мсыр. и Мсух.), процент содержания воды в проростках. Учет пораженности (степень поражения и распространенность) проростков болезнями осуществляли по общепринятым методикам. [2, 4]

В побегах семидневных проростков ячменя находили содержание свободного пролина и активность каталазы. [7, 8] Для определения содержания каталазы брали 0,5 г сырых листьев пшеницы и растирали на льду в ступке с небольшим количеством 1,5...2,0 мл 0,1 М фосфатного буферного с добавлением стеклянного песка. Гомогенат переносили в центрифужную пробирку, обмывая ступку (0,5 мл) буферным раствором. Общий объем использованного буфера составляет 5 мл. Гомогенат центрифугировали в течение 20 мин. (8000 оборотов при 4°С). Супернатант переносили в чистую пробирку, помещенную в стакан со льдом, для предотвращения потери активности. Его использовали как фермент при проведении реакции. В таком виде супернатант хранят в холодильнике не более 2 ч.

Активность каталазы определяли в кюветках для СФ (спектрофотометр) при температуре 30°С. Все растворы хранили в термостатированной ванне. В кювету (3 мл) добавляли 2,8 мл реакционной среды. Реакцию запускали введением 0,2 мл супернатанта. Смесь быстро встряхивали и измеряли на спектрофотометре изменение оптической плотности при длине волны 340 нм каждые 10 сек. в течение 2...3 мин.

В контрольную пробу вместо супернатанта добавляли равный объем буфера. Показания снимали аналогичным способом. В опытном и контрольном вариантах повторность трехкратная.

Активность каталазы рассчитывали по формуле Биссвангера. [1]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ семисуточных проростков показал, что электронное облучение по-разному влияет на посевные качества и морфометрические показатели развития пшеницы в зависимости от пострадиационного периода (ПП). При ПП 9 сут. отмечено достоверное увеличение на 1% лабораторной всхожести (ЛВ) при дозах 2 и 4 кГр (режим 1), 1 и 4 кГр (режим 2), отсутствие действия на силу роста семян (СРС) при режиме 1 и статистически значимое снижение СРС при 3...5 кГр (режим 2) (рис. 1а).

При пострадиационном периоде 12 сут. облучение в режиме 1 не повлияло на лабораторную всхожесть и силу роста семян, тогда как в режиме 2 наблюдали статистически значимое снижение лабораторной всхожести на 14 и 6% соответственно и силы роста семян – 2...4% при дозах 3...5 кГр (рис. 1б).

На рисунке 2 представлены данные по влиянию электронного облучения на развитие семисуточных проростков при ПП 9 сут. Установлено, что облучение в дозах 3...5 (режим 1) и 2...5 кГр (режим 2) подавляло развитие ростка на 9,4...19,3 и 15...29,3% соответственно. Сырая масса в расчете на одно растение также снизилась при 2...5 кГр (режим 1) на 8,4...16% и 1...5 кГр (режим 2) – 14,8...26,2%.

Предпосевное облучение стимулировало развитие корневой системы – длина корней достоверно увеличилась при дозах 1 и 5 кГр (режим 1) на 4,3 и 3,4%, 1...3 кГр – на 4...5% и не оказало влияния на сухую массу проростков (рис. 2а).

При ПП 12 сут. положительное воздействие на длину ростка было отмечено только при дозе 2 кГр (режим 1) на 11,2%, тогда как при дозе 5 (режим 1) и 2...5 кГр (режим 2) наблюдали уменьшение длины ростка на 12,2 и 20,4...32% соответственно (рис. 3). При 3 и 5 кГр (режим 2) длина корня проростков снизилась на 7,6 и 6,1%. Облучение вызвало увеличение сырой массы проростков при 1...5 кГр (режим 1) на 6,7...11,7%, 1 и 2 кГр (режим 2) – на 8,7...17,8%,

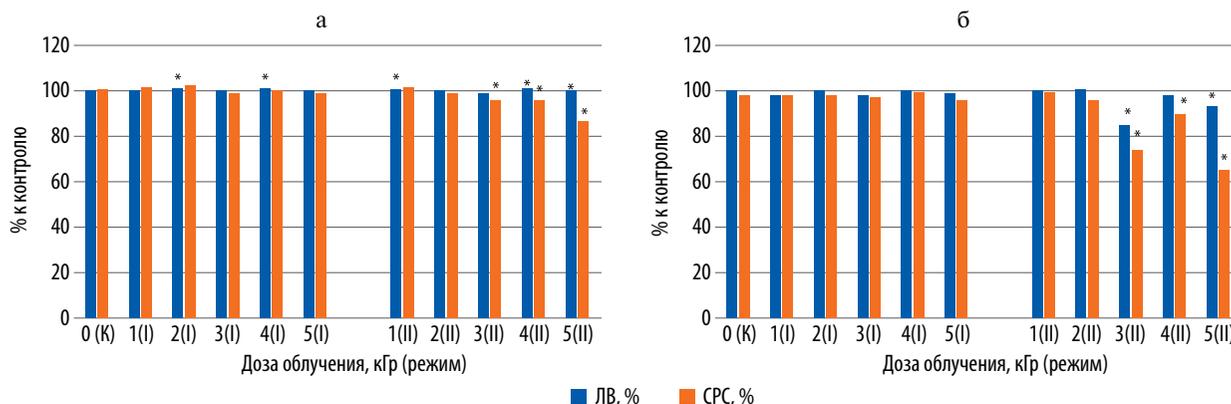


Рис. 1. Влияние облучения на посевные качества семян при ПП 9 сут. (а) и ПП 12 сут. (б). * – различия статистически значимы по сравнению с контролем при P<0,5. То же на рис. 2–6.

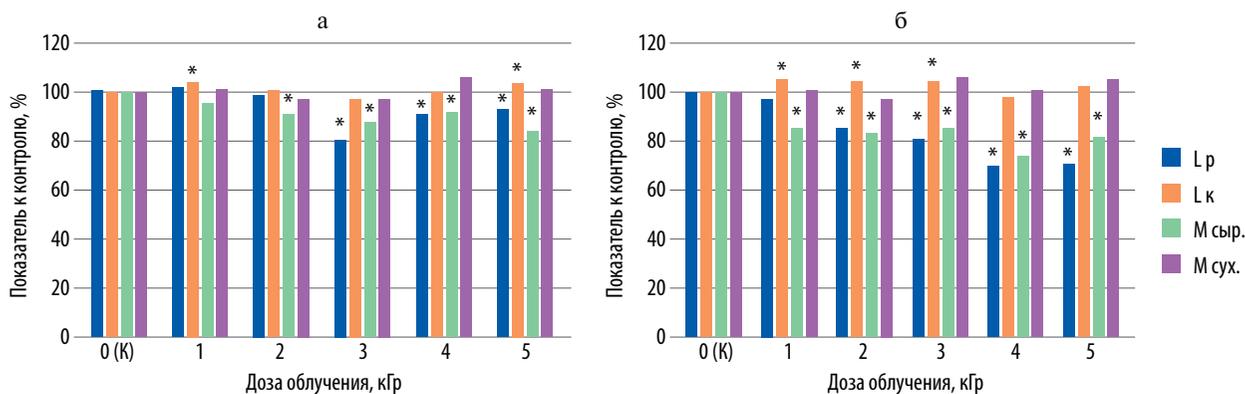


Рис. 2. Влияние облучения на развитие проростков пшеницы при ПП 9 сут.: а – режим 1 (100 кэВ), б – режим 2 (120 кэВ).

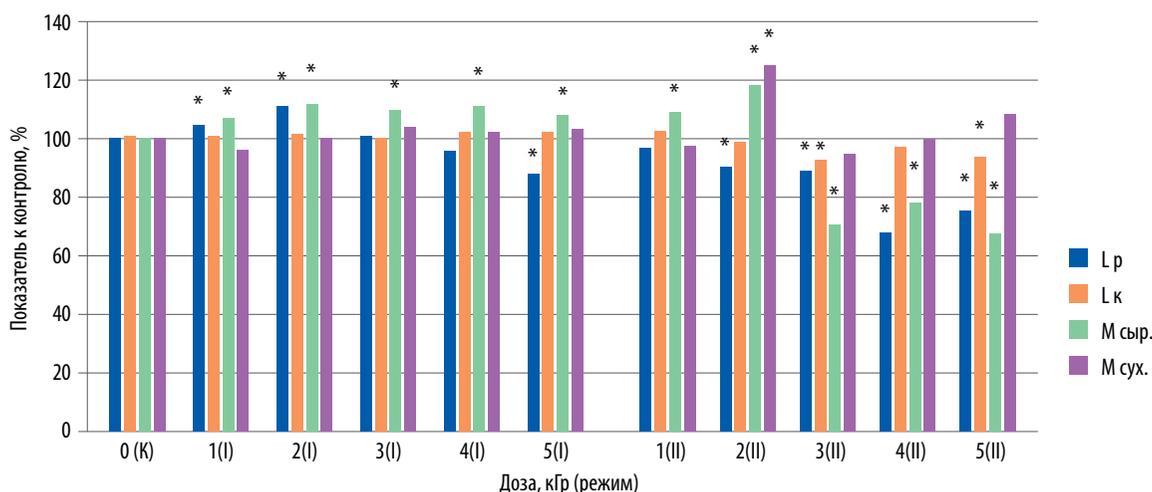


Рис. 3. Влияние облучения на развитие проростков при ПП 12 сут.

а при 3...5 кГр (режим 2), напротив, уменьшение на 21,6...32,3%. Сухая масса проростков не зависела от облучения, за исключением дозы 2 кГр (режим 2), где было увеличение на 24,3%, по сравнению с контролем (рис. 3).

Определение содержания свободного пролина в семисуточных проростках выявило снижение на уровне тенденции показателя в вариантах с облучением при ПП 9 сут. и приближение уровня пролина к значениям в контроле на 12 сут. и даже достоверное превышение в 1,6 раза при дозе 3 кГр (режим 1) (рис. 4).

Изучение влияния электронного облучения семян на активность ферментативных процессов показало, что активность каталазы была выше при режиме 1, чем при режиме 2 (см. таблицу).

Однако снижение активности каталазы при дозах 3...5 кГр и энергии электронов 120 кэВ, по сравнению с контролем, отмечено лишь на уровне тенденции, так как оно не было достоверным.

При ПП 9 сут. на проростках выявлено поражение корневой гнилью (возбудители *Drechslera teres* и *Fusarium spp*). На рисунке 5а видно, что при режиме 1 достоверное повышение степени поражения и распространенности было при дозе 1 кГр на 2,8 и 10,7% соответственно. В остальных вариантах развитие болезни не отличалось от контроля.

При облучении (3...5 кГр) в режиме 2 развитие гельминтоспориоза статистически значимо увеличилось

на 2,5...5,3% по степени поражения и 8,7...14,0% – распространенности болезни (рис. 5а).

Развитие фузариоза (ПП 9 сут.) наблюдали во всех вариантах опыта, но достоверных отличий по уровню пораженности между вариантами с облучением и контролем не установлено (рис. 5б).

При ПП 12 сут. проростки были поражены гельминтоспориозом (возбудитель – *Drechslera teres*), степень поражения достоверно была выше только при

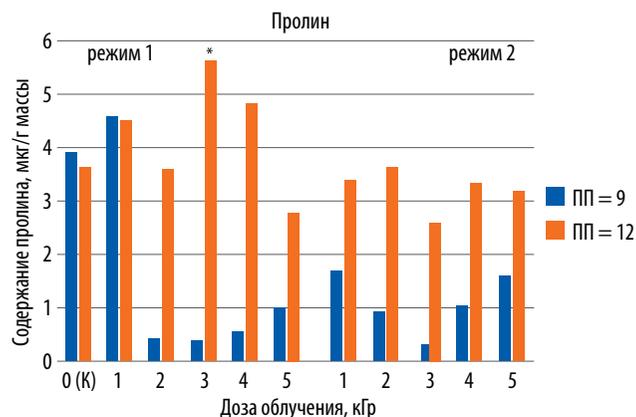


Рис. 4. Влияние облучения на содержание свободного пролина в проростках пшеницы.

Влияние электронного облучения на активность каталазы

Показатель	Доза облучения, кГр (режим)										
	0 (к)	1 (1)	2 (1)	3 (1)	4 (1)	5 (1)	1 (2)	2 (2)	3 (2)	4 (2)	5 (2)
Активность каталазы, МЕ/мл	15,09	18,30	7,49	15,84	13,27	20,87	10,92	10,49	9,95	4,92	6,10
НСР ₀₅	15,28										

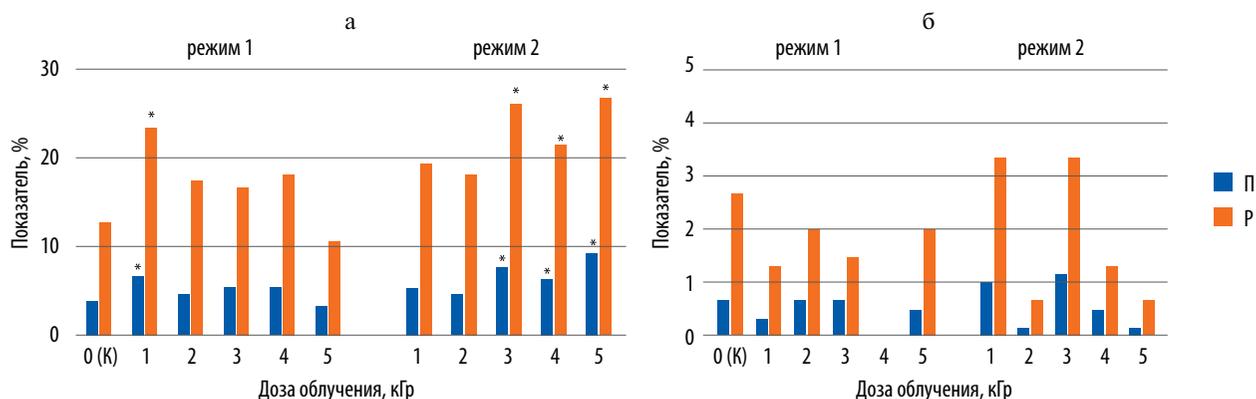


Рис. 5. Пораженность проростков гельминтоспориозом (а) и фузариозом (б), ПП 9 сут. П – пораженность, Р – распространенность (то же на рис. 6).

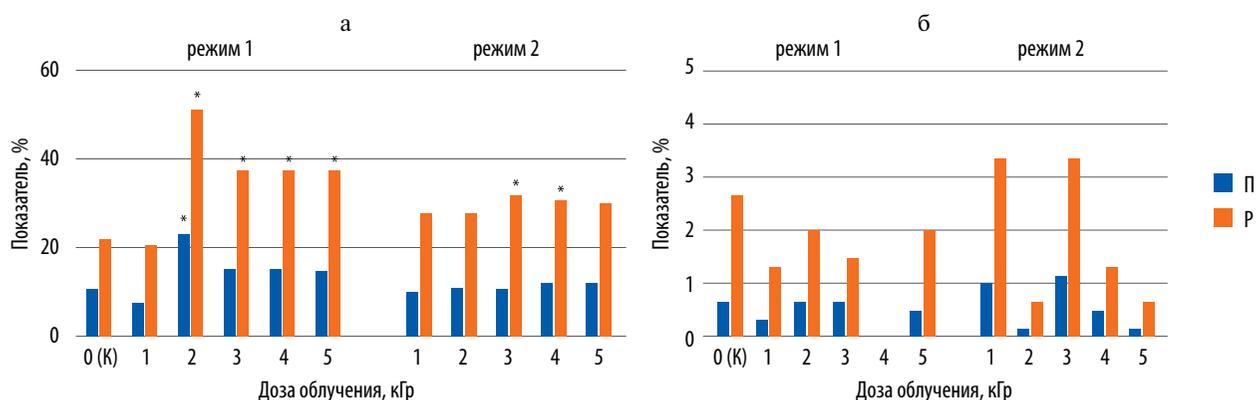


Рис. 6. Пораженность проростков гельминтоспориозом (а) и фузариозом (б), ПП 12 сут.

дозе 2 кГр (режим 1) на 11,8% и не отличалась от контроля в остальных вариантах (рис. 6а).

Облучение вызвало значительный рост распространенности болезни – при 2...5 кГр (режим 1) на 15,3...31,3%, 3 и 4 кГр (режим 2) – 7,3...10,0% (рис. 6а).

Пораженность *Fusarium* spp. при ПП 12 сут. отмечено при обоих режимах облучения на низком уровне: режим 1 – 0,33...0,66%, режим 2 – 0,16...1,16%, в контроле болезнь полностью отсутствовала (рис. 6б).

Из учетов пораженности семисуточных проростков пшеницы болезнями при закладке в разные сроки после облучения семян следует, что при ПП 12 сут. развитие болезней было ниже, чем при ПП 9 сут.

Выводы. Экспериментально установлено, что эффективность действия предпосевного низкоэнергетического электронного облучения семян яровой пшеницы сорта *Ирень* на показатели развития проростков зависит от дозы облучения, энергии электронов и величины пострадиационного периода. При ПП 9 сут. отмечено достоверное увеличение на 1% лабораторной

всхожести (2 и 4 кГр, энергия электронов 100 кэВ, режим 1, 1 и 4 кГр, энергия электронов 120 кэВ, режим 2). Облучение стимулировало развитие корневой системы – длина корней достоверно увеличилась при дозах 1 и 5 кГр (режим 1) на 4,3 и 3,4% и 1...3 кГр (режим 2) – 4...5%, не влияло на содержание свободного пролина и активность каталазы в семисуточных проростках. При ПП 12 сут. стимулировали длину роста 2 кГр (режим 1) на 11,2%, тогда как 5 кГр (режим 1) и 2...5 кГр (режим 2) ее уменьшали на 12,2 и 20,4...32,0% соответственно. При дозах 3 и 5 кГр (режим 2) длина корней проростков снизилась на 7,6 и 6,1%. Облучение вызвало увеличение сырой массы проростков при дозах 1...5 кГр (режим 1) на 6,7...11,7%, 1 и 2 кГр (режим 2) – 8,7...17,8%, а при 3...5 кГр (режим 2), напротив, уменьшение на 21,6...32,3%. Сухая масса проростков не зависела от облучения. Учет пораженности проростков пшеницы болезнями при закладке в разные сроки после облучения семян показал, что при ПП 12 сут. развитие болезней было ниже, чем при ПП 9 сут.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Биссвангер Х. Практическая энзимология. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 328 с.
2. Войтова Л.Р. Анализ семян ячменя на зараженность корневой гнилью // Защита растений. М.: Колос, 1980. № 2. С. 48–49.
3. ГОСТ 12038-84 Государственные стандарты Союза ССР. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения качества. Ч. 2. М., 1995. С. 44–101.
4. ГОСТ 12044-93 Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М., 2011. 57 с.
5. Санин С.С. Защита пшеницы от болезней в современных интенсивных технологиях ее возделывания в Центральном регионе России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2 (6). С. 33–40.
6. Чернобровкин Т.В., Вазиров Р.А., Соковнин С.Ю. Влияние облучения низкоэнергетическим электронным пучком на прорастание и рост вида *Triticum L.* // Современные проблемы радиобиологии, радиэкологии и агроэкологии. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Обнинск, 2021. С. 103–107.
7. Aebi H. Catalases Physiological and Biochemical Effects of 24-Epibrassinolide on Heat-Stress Adaptation in Maize (*Zea mays L.*) // Methods of Enzymatic Analysis. 1971. Vol. 3. P. 273–286.
8. Bates L.S. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant Soil. 1973. Vol. 39. P. 205–207.
9. Isemberlinova A.A., Poloskov A.V., Egorov I.S. et al. Influence of a pulsed electron beam on the sowing quality of wheat // Key Eng. Mater. 2018. Vol. 769. P. 172–180. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.769.172>.
10. Vorobyov M.S., Koval N.N., Sulakshin S.A. An electron source with a multiaperture plasma emitter and beam extraction into the atmosphere // Instrum. Exp. Tech. 2015. Vol. 58, № 5. P. 687–695.

REFERENCES

1. Bissvanger H. Prakticheskaya enzimologiya. M.: BINOM. Laboratoriya znanij, 2013. 328 s.
2. Vojtova L.R. Analiz semyan yachmenya na zarazhennost' kornevoj gnilyu // Zashchita rastenij. M.: Kolos, 1980. № 2. S. 48–49.
3. GOST 12038-84 Gosudarstvennye standarty Soyuz SSR. Semena sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya kachestva. Ch. 2. M., 1995. S. 44–101.
4. GOST 12044-93 Mezhgosudarstvennyj standart. Semena sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami. M., 2011. 57 s.
5. Sanin S.S. Zashchita pshenicy ot boleznej v sovremennykh intensivnykh tekhnologiyah ee vzdelyvaniya v Central'nom regione Rossii // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2013. № 2 (6). S. 33–40.
6. Chernobrovkin T.V., Vazirov R.A., Sokovnin S.Yu. Vliyanie oblucheniya nizkoenergeticheskim elektronnym puchkom na prorastanie i rost vida *Triticum L.* // Sovremennye problemy radiobiologii, radioekologii i agroekologii. Sbornik dokladov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Obninsk, 2021. S. 103–107.
7. Aebi H. Catalases Physiological and Biochemical Effects of 24-Epibrassinolide on Heat-Stress Adaptation in Maize (*Zea mays L.*) // Methods of Enzymatic Analysis. 1971. Vol. 3. P. 273–286.
8. Bates L.S. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant Soil. 1973. Vol. 39. P. 205–207.
9. Isemberlinova A.A., Poloskov A.V., Egorov I.S. et al. Influence of a pulsed electron beam on the sowing quality of wheat // Key Eng. Mater. 2018. Vol. 769. P. 172–180. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.769.172>.
10. Vorobyov M.S., Koval N.N., Sulakshin S.A. An electron source with a multiaperture plasma emitter and beam extraction into the atmosphere // Instrum. Exp. Tech. 2015. Vol. 58, № 5. P. 687–695.

Поступила в редакцию 19.12.2024

Принята к публикации 19.01.2025

УДК 635.356 (470.67-13)

DOI: 10.31857/S2500208225020065, EDN: HUNECW

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ КАПУСТЫ ЦВЕТНОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ДАГЕСТАНА

Евгения Гусейновна Гаджимустапаева, доктор 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. В статье представлены результаты исследования по основным параметрам среды по признакам «средняя масса головки» и «количество листьев» капусты цветной при испытании в пяти точках Республики Дагестан: г. Дербент (17 м н.у.м.), Магарамкентский район (220 м н.у.м.), Леваишинский район с. Ахкент (1200 м н.у.м.) и с. Леваши (1220 м н.у.м.), Акушинский район (1500 м н.у.м.). Из-за разнообразия почвенно-климатических условий республики необходимо выводить сорта и гибриды овощных культур. Установлено, что наиболее ценные для выращивания по адаптации к климатическим и почвенным условиям разных зон сорта: Шаласи, Ариэль, Ранняя грибовская 1355. Благоприятные условия для возделывания капусты цветной в с. Ахкент (1200 м н.у.м.), с. Леваши (1220 м н.у.м.) и с. Усиша (1500 м н.у.м.).

Ключевые слова: Республика Дагестан, капуста цветная, адаптивность, вертикальная зональность, селекционная ценность, пластичность, стабильность

ADAPTIVE POTENTIAL OF CAULIFLOWER PRODUCTIVITY WHEN IT'S GROWING IN DAGESTAN CONDITIONS

E.G. Gadzhimustapaeva, *Grand 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. *The article presents the results of a study on the main environmental parameters based on the signs of “average head weight” and “number of leaves” of cauliflower when tested in five points of the Republic of Dagestan: Derbent (17 m above sea level), Magaramkent district (220 m above sea level), Levashinsky district of Akhkent village (1200 m above sea level) and Levashi village (1220 m above sea level), Akushinsky district (1500 m above sea level). Due to the diversity of soil and climatic conditions of the republic, it is necessary to breed varieties and hybrids of vegetable crops. It has been established that the most valuable for cultivation, in terms of adaptation to the climatic and soil conditions of different zones, are the Shalasi, Ariel, Rannyya Gribovskaya 1355 varieties. Favorable region of mountainous Dagestan for the cultivation of cauliflower is the Akhkent village (1200 m above sea level), the Levashi village (1220 m above sea level) and the Usisha village (1500 m above sea level).*

Keywords: *Republic of Dagestan, cauliflower, adaptability, vertical zonation, breeding value, plasticity, stability*

Из 320 тыс. видов сосудистых растений, произрастающих на планете, за все время развития земледелия человек ввел в культуру около 5 тыс., при этом 90% продуктов питания обеспечивается выращиванием 15...20 видов. Это объясняется слабой изученностью потенциальных возможностей как видового, так и внутривидового разнообразия естественных растительных ресурсов. [2, 8, 13]

Биологические особенности капусты цветной связаны с условиями среды, в которых они произрастают, если сравнивать с другими видами капусты по урожайности и товарным качествам.

В своих исследованиях А.А. Жученко отмечает, что при изучении онтогенеза возможно выделять ключевые моменты в развитии растения, во время которых оно переходит от одного этапа к другому. Определение корреляции между скороспелостью (продуктовый орган и семенник) и воздействием на растение различных факторов (температура, свет, питание) дает возможность грамотно управлять ростовыми процессами, ускорять селекционный процесс, выделяя наиболее скороспелые формы. [7]

В природе на растения воздействует множество факторов, ведущие из них – свет, температура и влажность. Их уровень и соотношение постоянно меняются, что держит растения в состоянии адаптации. [2, 3, 15]

Из-за разнообразия почвенно-климатических условий нашей страны возникает необходимость выведения сортов и гибридов овощных культур, эколого-физиологическая характеристика которых отвечает конкретным условиям региона. [1, 3, 5–9, 13]

Генетический прогресс (выраженный в процентах от среднего) был максимальным для выхода головки с растения, за которым следовали размер листьев, валовая масса с растения и индекс размера белых головок. [11, 14]

На небольшой территории Дагестана сочетаются контрастные почвенно-климатические и ландшафтные условия: от равнинных прикаспийских впадин до вечно снеговых высокогорий, от полупустынных и пустынных резко континентальных районов северной сухостепной зоны до субтропического типа районов долины Самура. [1, 14]

По данным Т.В. Лизгуновой в горных местностях страны капусту выращивают на значительных высотах. В Дагестане (43–41°30' с. ш.) верхняя граница возделывания капусты – 2500 м н.у.м. [10]

Цель работы – изучить адаптационный потенциал продуктивности у сортообразцов капусты цветной различного происхождения и выделить формы, сочетающие комплекс хозяйственно ценных признаков с урожайностью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили на Дагестанской опытной станции ВИР, расположенной в низменной зоне Южного Дагестана с благоприятными почвенно-климатическими условиями для изучения цветной капусты и вертикальной зональности РД.

Были отобраны шесть образцов ранней группы спелости капусты цветной различного происхождения из коллекции ВИР (табл. 1).

Адаптивность сортов оценивают по общей адаптивной способности (ОАС) и специфической (САС). Они демонстрируют возможность сорта реагировать на факторы окружающей среды и уровень устойчивости к абиотическим и биотическим факторам. Также применяют показатели: стабильность (S), селекционная ценность генотипа (СЦГ), среды, определение фенотипической популяции, которая разделяется на варианты общей и специфической адаптивной способности для сравнения популяций и выбора методов селекционного процесса.

ОАС генотипа характеризует среднее значение признака в различных условиях среды, САС – отклонение от ОАС в определенной среде. Коэффициент регрессии b_i указывает на возможность генотипа обеспечить высокое (низкое) значение признака в благоприятных средах и низкое (высокое) в неблагоприятных.

Лабораторно-полевые анализы осуществляли согласно Методическим указаниям ВИР. [14] Результаты обрабатывали по Б.А. Доспехову. [4]

Таблица 1.
Происхождение изученных образцов капусты цветной

Культура, группа спелости	Происхождение	Количество образцов
Капуста цветная, ранняя	Англия	1
Капуста цветная, ранняя	Россия	4
Капуста цветная, ранняя	Япония	1

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В горных районах Дагестана развито овощеводство. Особенно распространены: капуста белокачанная (скороспелые сорта), морковь, свекла, бобовые (фасоль, бобы, чечевица), укроп, кукуруза сладкая, картофель. Но их выращивание затруднено сложными почвенно-климатическими условиями.

В связи с изменяющимися требованиями к сортам и уровнем развития сельскохозяйственного производства процессу создания сорта необходима непрерывная корректировка.

Относительная стабильность генотипа позволяет устанавливать коэффициент вариации при изучении сорта в ряде сред. В наших исследованиях оценена пригодность сортообразцов к возделыванию в условиях вертикальной зональности Дагестана (табл. 3–12).

Анализ метеорологических показателей за этот период свидетельствовал в целом о благоприятных для растений климатических условиях (табл. 2).

Сорт *Шаласи* выделяется по признаку «средняя масса головки» по общей и специфической адаптивной способности в зоне Дагестанской опытной станции (17 м н.у.м.).

Стабильность генотипа у сорта *Шаласи* высокая (37,31), как и у *Ранней грибовской 1355* (52,72). Коэффициент регрессии у сортов *Шаласи* и *Ариэль* подтверждает их способность обеспечить высокое значение этого признака в благоприятных условиях (пластичность). *Шаласи* выделяется и по селекционной ценности (0,34).

Из таблицы 4 видно, что наиболее благоприятной климатической средой по признаку «средняя масса головки» оказался первый год испытаний (2015), поскольку все три показателя (дифференцирующая способность среды (d_k), сравнительная характеристика климатического воздействия (S_{ek}) и типичность климатического воздействия (t_k)) проявились в наибольшей степени.

Как видно из таблицы 5, на уровне 1220 м н.у.м. по стабильности генотипа выделились сорта *Шаласи* и *Ранняя грибовская 1355* по признаку «средняя масса

Таблица 2.

Среднемесячная температура воздуха, г. Дербент

Год	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2010	3,1	3,0	6,0	10,8	17,1	24,9	27,5	27,1	21,6	14,8	11,8	9,1
2011	4,2	2,0	4,8	9,4	17,5	23,7	27,4	25,6	21,0	14,4	4,9	5,9
2015	3,3	3,8	6,2	9,9	17,2	25,6	26,7	26,5	23,4	14,7	9,5	7,2
2016	2,8	5,3	7,2	13,0	18,2	23,1	26,0	27,2	21,7	13,0	7,4	3,2
2017	3,0	1,9	7,1	10,5	17,1	22,5	26,6	27,8	23,2	15,2	10,2	7,2
среднее многолетнее	1,9	1,9	4,4	10,2	16,3	21,5	24,6	24,0	19,9	13,9	9,0	4,7

Таблица 3.

Параметры адаптивности сортов капусты цветной при испытании на Дагестанской ОС ВИР по признаку «средняя масса головки»

Сорт	\bar{X} ср., кг	Общая адаптивная способность, ОАС _i	Специфическая адаптивная способность, САС _i	Относительная стабильность генотипа, S _{gi}	Коэффициент регрессии генотипа на среду, b _i	Селекционная ценность генотипа, СЦГ _i
<i>Orange Bouquet F1</i>	0,38	-0,35	0,01	22,48	0,39	0,22
<i>Ариэль</i>	0,68	-0,04	0,03	23,84	1,23	0,23
<i>Шаласи</i>	1,08	0,36	0,16	37,31	3,23	0,34
<i>Царевна</i>	0,92	0,19	0,0	0,0	0,0	0,92
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	0,57	-0,16	0,09	52,72	0,15	0,02

Таблица 4.

Основные параметры среды по признаку «средняя масса головки» капусты цветной при испытании на Дагестанской ОС ВИР

Год	\bar{X} ср., кг	d_k	S_{ek}	t_k
2010	0,85	0,12	52,47	0,97
2011	0,71	-0,02	38,66	0,50
2016	0,62	-0,11	42,10	0,80

Таблица 5.

Параметры адаптивности сортов капусты цветной при испытании на высоте 1500 м н.у.м. по признаку «средняя масса головки»

Сорт	X ср., кг	Общая адаптивная способность, OACi	Специфическая адаптивная способность, SACi	Относительная стабильность генотипа, Sgi	Коэффициент регрессии генотипа на среду, bi	Селекционная ценность генотипа, СЦГi
<i>Mont Blanc</i>	0,23	-0,17	0,00	17,39	0,34	0,14
<i>Ариэль</i>	0,41	0,00	0,00	3,76	0,26	0,37
<i>Верная F1</i>	0,36	-0,05	0,00	12,74	0,45	0,25
<i>Шаласи</i>	0,53	0,12	0,03	33,77	1,99	0,11
<i>Царевна</i>	0,41	0,01	0,00	13,97	0,87	0,28
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	0,48	0,08	0,05	45,69	2,61	0,04

Таблица 6.

Основные параметры среды по признаку «средняя масса головки» капусты цветной при испытании на высоте 1500 м н.у.м.

Год	X ср., кг	d _k	S _{ek}	t _k
2010	0,46	0,06	34,34	1,0
2011	0,40	0,00	38,14	0,26
2016	0,35	-0,06	29,94	0,60

головки». Коэффициент регрессии у них подтверждает их способность обеспечить высокое значение этого признака в благоприятных условиях (пластичность). Сортообразцы *Ариэль*, *Царевна* и *Верная F1* отмечены и по селекционной ценности.

Наиболее благоприятная среда по признаку «средняя масса головки» была на высоте 1220 м н.у.м. в 2010 году, поскольку два показателя из трех (дифференцирующая способность среды и типичность климатического воздействия) наблюдали в максимальной степени (табл. 6).

В таблицах 7 и 8 показаны результаты влияния высотной зональности на формирование признака «средняя масса головки». ОАС и СКС на всех уровнях высотной зональности признак «средняя масса головки» позволяет выделить сорт *Ранняя грибовская 1355*, а стабильность генотипа свойственна *Ранней грибовской 1355* и *Mont Blanc*. Коэффициент регрессии у этих же сортов подтверждает их способность обеспечить высокое значение этого признака в благоприятных условиях (пластичность). По селекционной ценности выделились сорт *Ариэль* (0,37) и гибрид *Верная* (0,26).

Наиболее подходящие места для возделывания капусты цветной в разрезе вертикальной зональности в горных районах Дагестана – с. Ахкент (1200 м н.у.м.) и с. Усиша (1500 м н.у.м.) (табл. 8).

Все испытанные сорта в четырех горных зонах проявили высокий уровень относительной стабильности генотипа и специфическую адаптивную способность по признаку «количество листьев» (табл. 9).

Все сорта и гибриды показали высокую селекционную ценность в условиях вертикальной зональности, особенно – *Ариэль* (17,03) и *Ранняя грибовская 1355* (23,28).

Благоприятной территорией при вертикальной зональности по признаку «количество листьев» ока-

зались села Ахкент и Усиша (1200 и 1500 м н.у.м. соответственно), в них типичность территориального воздействия наибольшая (табл. 10).

Все три показателя (дифференцирующая способность среды, сравнительная характеристика климатического воздействия в изученные годы и типичность территориального расположения) проявились в высокой степени в селах Ахкент и Ново-Аул.

В таблицах 11 и 12 представлена адаптивность сортов капусты цветной по признаку «средняя масса головки» в разрезе вертикальной зональности в горном Дагестане.

Все сорта в четырех точках вертикальной зональности от 17 м н.у.м. (г. Дербент) до 1900 м н.у.м. (Акушинский район) проявили высокий уровень относительной стабильности генотипа по признаку «средняя масса головки», максимальный – у сортов *Шаласи* (45,02) и *Ранняя грибовская 1355* (52,31) (табл. 11). У них же был наиболее высокий коэффициент регрессии (1,85 и 1,42 соответственно), что подтверждает их способность обеспечить повышенное значение признака в благоприятных условиях (пластичность). У сортов *Ариэль* (0,32) и *Царевна* (0,30) высокая селекционная ценность генотипа в условиях вертикальной зональности.

Наиболее благоприятная территория при вертикальной зональности по признаку «средняя масса головки» – г. Дербент и с. Леваша, в них типичность территориального воздействия проявилась в наибольшей степени, то есть высота над уровнем моря несущественно влияет на этот признак (табл. 12).

Все три показателя (дифференцирующая способность среды, сравнительная характеристика климатического воздействия в изученные годы и типичность территориального расположения) проявились в высокой степени в г. Дербенте и с. Усиша.

Таблица 7.

Параметры адаптивности сортов капусты цветной при испытании в различных пунктах Дагестана по признаку «средняя масса головки»

Сорт	X ср., кг	Общая адаптивная способность, OACi	Специфическая адаптивная способность, SACi	Относительная стабильность генотипа, Sgi	Коэффициент регрессии генотипа на среду, bi	Селекционная ценность генотипа, СЦГi
<i>Mont Blanc</i>	0,31	-0,05	0,02	46,78	1,97	0,05
<i>Ариэль</i>	0,40	0,04	0,00	4,56	0,01	0,37
<i>Верная F1</i>	0,38	0,02	0,00	17,52	0,05	0,26
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	0,48	0,08	0,05	45,69	2,61	0,04

Таблица 8.

Основные параметры среды по признаку «средняя масса головки» капусты цветной

Пункт	X ср., кг	d_k	S_{ek}	t_k
с. Ахкент, 1200 м н.у.м.	0,44	0,08	12,99	0,80
с. Леваши, 1220 м н.у.м.	0,30	-0,06	29,19	1,0
с. Ново-Аул, 220 м н.у.м.	0,32	-0,04	40,77	0,67
с. Усиша, 1500 м н.у.м.	0,39	0,03	27,82	0,40

Таблица 9.

Параметры адаптивности сортов капусты цветной при испытании в различных пунктах Дагестана по признаку «количество листьев»

Сорт	X ср., кг	Общая адаптивная способность, OACi	Специфическая адаптивная способность, SACi	Относительная стабильность генотипа, Sgi	Коэффициент регрессии генотипа на среду, bi	Селекционная ценность генотипа, СЦГi
<i>Mont Blanc</i>	23,63	-7,25	14,23	15,97	0,89	10,54
<i>Ариэль</i>	28,00	-2,88	10,00	11,29	0,82	17,03
<i>Верная F1</i>	33,88	3,00	42,40	19,22	1,51	11,28
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	38,00	7,13	18,00	11,16	0,78	23,28

Таблица 10.

Основные параметры среды по признаку «количество листьев» капусты цветной

Пункт	X ср., кг	d_k	S_{ek}	t_k
с. Ахкент, 1200 м н.у.м.	34,75	3,88	18,41	1,00
с. Леваши, 1220 м н.у.м.	26,25	-4,63	20,95	0,92
с. Ново-Аул, 220 м н.у.м.	32,50	1,63	20,37	0,80
с. Усиша, 1500 м н.у.м.	30,00	-0,88	29,31	1,00

Таблица 11.

Параметры адаптивности сортов капусты цветной при испытании в различных пунктах Дагестана по признаку «средняя масса головки»

Сорт	X ср., кг	Общая адаптивная способность, OACi	Специфическая адаптивная способность, SACi	Относительная стабильность генотипа, Sgi	Коэффициент регрессии генотипа на среду, bi	Селекционная ценность генотипа, СЦГi
<i>Шаласы</i>	0,45	0,02	0,04	45,02	1,85	0,15
<i>Ариэль</i>	0,47	0,03	0,01	21,47	0,10	0,32
<i>Царевна</i>	0,40	0,04	0,00	15,69	0,62	0,30
<i>Ранняя грибовская 1355</i>	0,42	0,02	0,05	52,31	1,42	0,09

Основные параметры среды по признаку «средняя масса головки» капусты цветной

Пункт	\bar{X} ср., кг	d_k	S_{ek}	t_k
г. Дербент, 17 м н.у.м.	0,45	0,02	32,4	0,6
с. Усиша, 1500 м н.у.м.	0,31	-0,13	25,8	0,4
с. Ахкент, 1200 м н.у.м.	0,55	0,11	22,25	0,2
с. Леваши, 1220 м н.у.м.	0,43	-0,01	37,83	0,8

Выводы. По совокупности оценок адаптивной способности ряда сортов и гибридов цветной капусты при вертикальной зональности следует отметить, что возделывание этой культуры можно успешно осуществлять во всех зонах горного Дагестана. Наиболее ценные для выращивания по адаптации к климатическим и почвенным условиям разных зон сорта: *Шаласи*, *Ариэль*, *Ранняя грибовская 1355*. Ценным селекционным источником высокой адаптивности считается также сорт *Царевна*. Благоприятные условия для возделывания капусты цветной в селах Ахкент (1200 м н.у.м.), Леваши (1220 м н.у.м.) и Усиша (1500 м н.у.м.).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Баламирзоев М.А. и др. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала: ГУ «Дагестанское книжное издательство», 2008. 336 с.
- Гаджимустапаева Е.Г. Сравнительная характеристика образцов капусты цветной в разных условиях выращивания // Проблемы развития АПК региона 2020. № 3 (43). С. 40–48.
- Гаджимустапаева Е.Г. Новые линии капусты цветной для северных сухих субтропиков Дагестана // Вестник РАСХН. 2024. № 1. С. 44–48.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: 1985, 351 с.
- Жученко А.А. Проблемы адаптации в селекции, сортоиспытания и семеноводстве сельскохозяйственных культур // Генетические основы селекции сельскохозяйственных растений. М.: 1995. С. 3–19.
- Жученко А.А. Экологические и эволюционные подходы в адаптивной селекции растений // Мат. конф. «Интродукция редких и нетрадиционных сельскохозяйственных растений». Пенза. 1998. Т. 1. С. 7–25.
- Жученко А.А. Взаимосвязь систем селекции, сортоиспытания и семеноводства // Овощи России. 2008. № 1–2. С. 6–10.
- Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина (теория и практика), Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы // II Межд. науч.-практ. конф., ВНИИССОК. М.: Изд-во ВНИИССОК. 2010. Т. 1. С. 12–38.
- Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Оценка адаптивной способности и стабильности сортов и гибридов овощных культур // Методические указания по экологическому испытанию овощных культур в открытом грунте. Ч. II. М.: 1985, С. 43–53.
- Лизгунова Т.В. Культурная флора СССР. Капуста. Л.: «Колос». Т. XI. 1984. 328 с.
- Матевосян Г.Л. Регуляция роста, развития, адаптивности и продуктивности цветной капусты // Агрохимия. 2007. С. 85–96.
- Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции капусты / Г.В. Боос, Т.И. Джохадзе, А.М. Артемьева и др. Л.: ВИР, 1988. 117 с.
- Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г. Развитие экологической селекции и адаптивного семеноводства овощных культур в XXI веке. «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства овощных культур», 2005. Т. 1. С. 328–348.
- Холопцева Е.С., Дроздов С.Н., Попов Э.Г. Эколого-физиологическая характеристика генотипа и возможности ее изучения. Сохранение биологического разнообразия наземных и морских экосистем в условиях высоких широт // Мат. межд. науч.-практ. конф. Мурманск. 2009. С. 291–294.
- Jamwal R.S., Prakash S., Bhardwaj C.L. Evaluation of characters for breeding programme in late group of cauliflower (*Brassica oleracea* convar botrytis var botrytis) // Indian Journal of Agricultural Sciences. 1992. Vol. 62. № 6. PP. 369–372.

REFERENCES

- Balamirzoev M.A. i dr. Pochvy Dagestana. Ekologicheskie aspekty ih racional'nogo ispol'zovaniya. Mahachkala: GU «Dagestanskoe knizhnoe izdatel'stvo», 2008. 336 s.
- Gadzhimustapaeva E.G. Sravnitel'naya harakteristika obrazcov kapusty cvetnoj v raznyh usloviyah vyrashchivaniya // Problemy razvitiya APK regiona 2020. № 3 (43). S. 40–48.
- Gadzhimustapaeva E.G. Novye linii kapusty cvetnoj dlya severnyh suhikh subtropikov Dagestana // Vestnik RASHN. 2024. № 1. S. 44–48.
- Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: 1985, 351 s.
- Zhuchenko A.A. Problemy adaptacii v selekcii, sortoispytaniya i semenovodstve sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Geneticheskie osnovy selekcii sel'skohozyajstvennyh rastenij. M.: 1995. S. 3–19.
- Zhuchenko A.A. Ekologicheskie i evolyucionnye podhody v adaptivnoj selekcii rastenij // Mat. konf. «Introdukciya redkih i netradicionnyh sel'skohozyajstvennyh rastenij». Penza. 1998. T. 1. S. 7–25.
- Zhuchenko A.A. Vzaimosvyaz' sistem selekcii, sortoispytaniya i semenovodstva // Ovoshchi Rossii. 2008. № 1–2. S. 6–10.
- Zhuchenko A.A. Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenij kak samostoyatel'naya nauchnaya disciplina (teoriya i praktika), Sovremennye tendencii v selekcii i semenovodstve ovoshchnykh kul'tur. Tradicii i perspektivy // II Mezhd. nauch.-prakt. konf., VNISSOK. M.: Izd-vo VNISSOK. 2010. T. 1. S. 12–38.
- Kil'chevskij A.V., Hotyleva L.V. Ocenka adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti sortov i gibridov ovoshchnykh kul'tur // Metodicheskie ukazaniya po ekologicheskomu ispytaniyu ovoshchnykh kul'tur v otkrytom grunte. Ch. II. M.: 1985, S. 43–53.
- Lizgunova T.V. Kul'turnaya flora SSSR. Kapusta. L.: «Kolos». T. XI. 1984. 328 s.

11. Matevosyan G.L. Regulyaciya rosta, razvitiya, adaptivnosti i produktivnosti cvetnoj kapusty // Agrohimiya. 2007. S. 85–96.
12. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i podderzhaniyu mirovoj kollekcii kapusty / G.V. Boos, T.I. Dzhohadze, A.M. Artem'eva i dr. L.: VIR, 1988. 117 s.
13. Pivovarov V.F., Dobruckaya E.G. Razvitie ekologicheskoy selekcii i adaptivnogo semenovodstva ovoshchnyh kul'tur v XXI veke. «Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya selekcii i semenovodstva ovoshchnyh kul'tur», 2005. T. 1. S. 328–348.
14. Holopceva E.S., Drozdov S.N., Popov E.G. Ekologo-fiziologicheskaya karakteristika genotipa i vozmozhnosti ee izucheniya. Sohranenie biologicheskogo raznoobraziya nazemnyh i morskikh ekosistem v usloviyah vysokih shirot // Mat. mezhd. nauch.-prakt. konf. Murmansk. 2009. S. 291–294.
15. Jamwal R.S., Prakash S., Bhardwaj C.L. Evaluation of characters for breeding programme in late group of cauliflower (Brassica oleracea convar botrytis var botrytis) // Indian Journal of Agricultural Sciences. 1992. Vol. 62. № 6. PP. 369–372.

Поступила в редакцию 29.01.2025

Принята к публикации 12.02.2025

УДК 634.75:581.143.6

DOI: 10.31857/S2500208225020077, EDN: HUQAVM

АДАПТАЦИЯ МЕРИСТЕМНЫХ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ В УСЛОВИЯХ *EX VITRO* С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭМИСТИМА

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. В статье представлены данные о влиянии элиситора Эмистим на процесс адаптации меристемных растений земляники садовой к нестерильным условиям. Объект изучения – микроразмноженные растения земляники шести промышленных сортов: Asia (NF 421), Darselect, Florence, Honeoye, Kimberly, Syria (NF 137). Использование раствора Эмистима на этапе высадки растений земляники *in vitro* в нестерильные условия позволило увеличить выход адаптированных растений по отдельным генотипам до 100%. Максимальный выход отмечали у сорта Florence при всех способах и сроках воздействия Эмистимом. В среднем по сортам биометрические показатели при всех способах обработки растений препаратом Эмистим превышали показатели контроля, сроки адаптации сокращались на 5–7 дн. Наибольшее количество листьев через 30 дн. адаптации сформировалось под действием Эмистима в течение 1 ч ($6,4 \pm 0,3$). Длина корней через 30 дн. культивирования превышала контрольные показатели на 10–18%, 40 дн. – 15–25%. Оптимальным способом обработки растений можно считать замачивание базальной части розеток земляники в растворе Эмистима в течение 1 ч. Выявлена возможность усиления иммунитета растений земляники, полученных *in vitro*, на этапе адаптации к нестерильным условиям окружающей среды и при доращивании с помощью препарата нового поколения Эмистим, оказывающим положительное влияние на их рост и развитие. Результаты исследований позволяют рекомендовать данную технологию к использованию в системе массового производства качественного посадочного материала земляники.

Ключевые слова: земляника садовая, адаптация *ex vitro*, иммуномодулятор, Эмистим, биометрические показатели

ADAPTATION OF MERISTEM STRAWBERRY PLANTS IN *EX VITRO* CONDITIONS USE OF AN EMISTIM

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. The article presents data on the influence of the elicitor Emistim on the process of adaptation of meristem plants of garden strawberries to non-sterile conditions. The objects of the study were micropropagated strawberry plants of six industrial varieties: Asia (NF 421), Darselect, Florence, Honeoye, Kimberly, Syria (NF 137). The use of emistim solution at the stage of planting strawberry plants *in vitro* in non-sterile conditions made it possible to increase the yield of adapted plants for individual genotypes to 100%. The maximum yield of adapted plants was noted in the Florence variety with all methods and periods of exposure to Emistim. On average, for varieties, biometric indicators for all methods of treating plants with Emistim exceeded the control indicators, the adaptation period was reduced by 5-7 days. The maximum number of leaves after 30 days of adaptation was formed under the influence of Emistim within 1 hour (6.4 ± 0.3). The length of the roots after 30 days of cultivation exceeded the control indicators by 10–18%, after 40 days – by 15–25%. The optimal method of plant treatment can be considered soaking the basal part of strawberry rosettes in a solution of emistim for 1 hour. The possibility of enhancing the immunity of strawberry plants obtained *in vitro* at the stage of adaptation to non-sterile environmental conditions and during the period of growing with the help of a new generation preparation Emistim, which has a positive effect on their growth and development, was revealed. The results of the studies allow us to recommend this technology for use in the system of mass production of high-quality strawberry planting material.

Keywords: garden strawberry, *ex vitro* adaptation, immunomodulators, Emistim, biometric indicators

Микроклональное размножение – одно из основных перспективных, экологически безопасных методов размножения растений. Данная технология представляет собой сложный многофакторный физиологический процесс, состоящий из принципиально разных этапов *in vitro* и *ex vitro*, включающий в себя с одной стороны морфогенез и регенерацию в условиях *in vitro*, с другой, структурно-функциональную адаптацию регенерантов в условиях *ex vitro*. [17]

Необходимое условие коммерческого использования технологии *in vitro* – успешная акклиматизация микроразмноженных растений. Правильная акклиматизация растений, выращенных *in vitro*, в условиях *ex vitro* гарантирует успешное завершение систем регенерации растительных тканей. [6] Акклиматизация требует соответствующей закалки и предварительной подготовки растений, выращенных *in vitro*, для повышения выживаемости в нестерильных условиях внешней среды. [16] После пересадки при *ex vitro* микроразмноженные растения подвергаются изменениям температуры, интенсивности света и условиям водного стресса. [11] Период акклиматизации критический у меристемных растений для восстановления нормальной фотосинтетической активности и метаболических функций. Во время этой фазы нормализуется устьичная регуляция, что способствует образованию новых листьев, с обычными анатомическими и физиологическими признаками, подходящими для выживания в естественных условиях окружающей среды. [18] Изменение условий культивирования на *ex vitro* вызывает адаптационные механизмы – ткани листа начинают расширяться и дифференцироваться, а количество и площадь устьиц уменьшаются. [14]

Важная проблема, связанная с получением качественных растений земляники, – повышение их выносливости при адаптации. [15] Во время акклиматизации уровень выживаемости микрорастений должен превышать 55%, чтобы обеспечить разумную рентабельность. [12] Для эффективного управления ростовой активностью сельскохозяйственных культур стали применять природные биорегуляторы, обладающие ростостимулирующим, иммуномоделирующим и антистрессовым действием. Регуляторы роста нового поколения оказывают тройное действие на растения: стимулируют физиологические процессы, повышают их устойчивость к биотическим и абиотическим стрессовым факторам окружающей среды и усиливают неспецифический иммунитет. [10, 13, 19] Их применение в сверхмалых гектарных нормах в садоводстве обеспечивает их низкую стоимость, сравнительную безопасность для человека и природной среды, возможность помогать растениям экологически естественным способом, усиливая их природную способность противостоять стрессам. Биостимуляторы могут содержать гуминовые и фульвокислоты, экстракты морских водорослей, полезные грибы, макро- и микроэлементы, а также аминокислоты, которые улучшают рост растений и повышают их урожайность, стимулируя биосинтез белка, активируя ферменты и облегчая усвоение макро- и микроэлементов. [20]

Препарат Эмистим относится к группе элиситоров – биорегуляторов роста и корнеобразования,

природный продукт метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola*, выделенного из корней женьшеня, содержащего сбалансированную композицию из 75 физиологически активных веществ, в том числе фитогормонов цитокининовой, ауксиновой и гиббереллиновой природы, аминокислот, жирных кислот, углеводов, микроэлементов. [8]

Преимущество использования Эмистима заключается в его экологической безопасности, малых концентрациях рабочего раствора, индуцировании естественных механизмов устойчивости у растений к неблагоприятным факторам среды. [17]

Успешное применение Эмистима на жимолости и черной смородине, а также землянике открытого грунта путем опрыскивания вегетирующих растений было продемонстрировано в работах ученых. [3, 9] Эмистим во время пересадки микроразмноженных растений винограда из стерильных в условия *ex vitro* улучшал укоренение и выживаемость, уменьшал шок, сокращал фазы адаптации, увеличивал вегетативный рост, изменял морфологию корней и снижал гибель во время адаптации. [2] При микроразмножении земляники *in vitro* Эмистим добавляли в питательные среды на этапе ризогенеза. [1]

Современные иммуномодулирующие препараты перспективны, однако недостаточно разработаны элементы технологии при адаптации растений *in vitro* к условиям *ex vitro*.

Цель работы – изучить влияние иммуномодулятора Эмистим на процесс адаптации растений *in vitro* земляники к нестерильным условиям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу выполняли в лаборатории ФГБНУ ВНИИСПК биотехнологическими методами в 2022–2024 годах. Объект исследования – микроразмноженные растения земляники шести промышленных сортов: *Asia (NF 421)*, *Darselect*, *Florence*, *Honeoye*, *Kimberly*, *Syria (NF 137)*. Исследования проводили в соответствии с методическими рекомендациями. [5, 7]

Схема опыта: 1. Замачивание высаживаемых микрорастений *in vitro* в растворе элиситора Эмистим в течение 1, 2 и 5 ч; 2. Полив почвенного субстрата раствором Эмистима перед высадкой растений. Контроль – растения без обработок Эмистимом. Концентрация рабочего раствора Эмистима – 0,001 мг/л. Обработывали биостимуляторами на фоне – дерновая земля: торф: перлит в соотношении 1:1:0,1.

Адаптация проходила по схеме: при 100% влажности воздуха – в течение 30 дн.; 70...80 – следующие 5 дн.; 60% – последние 5 дн.

Поливали субстрат водой на первых двух этапах только перед высадкой растений *in vitro* в грунт, исключая избыточное переувлажнение. Объем варианта – 20 микрорастений земляники каждого сорта.

Учеты биометрических показателей проводили в два этапа: через 30 дн. при 100%-й влажности и через последующие 10 дн. при пониженной. Общий срок адаптации *ex vitro* – 40 дн.

Условия адаптации: температура – 23°C, фотопериод – 16/8 ч, освещенность – 3 тыс. люкс. Процент адаптированных растений регистрировали через 40 дн. после пересадки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выживаемость растений в нестерильных условиях во многом определяется их способностью к быстрому росту (табл. 1).

При обработке Эмистимом высота микрорастений превышала контроль. В среднем по сортам максимальные параметры высоты через 40 дн. адаптации отмечали в варианте с Эмистимом в течение 1 ч и при поливе грунта раствором элиситора (рис. 1).

Обработка Эмистимом способствовала более интенсивному росту корней, по сравнению с контролем (табл. 2).

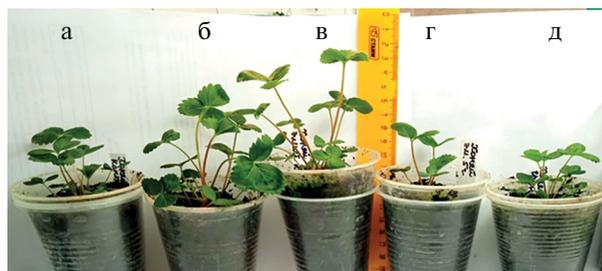


Рис. 1. Высота микрорастений сорта *Kimberly* через 30 дн. после обработки Эмистимом: а — контроль; б — замачивание на 1 ч; в — замачивание на 2 ч; г — замачивание на 5 ч; д — полив грунта.

Влияние Эмистима на высоту микрорастений земляники, мм

Таблица 1.

Сорт	Срок адаптации, дн.	Способ и время обработки				
		контроль	замачивание			полив грунта
			1 ч	2 ч	5 ч	
<i>Asia</i>	30	39,8 ± 1,8	46,2 ± 2,3	46,3 ± 3,7	36,9 ± 2,7	46,0 ± 2,5
	40	50,6 ± 3,8	67,1 ± 3,0	53,9 ± 3,7	53,1 ± 3,1	57,0 ± 3,0
<i>Darselect</i>	30	35,0 ± 2,1	49,9 ± 3,9	43,0 ± 3,1	35,9 ± 1,5	43,3 ± 3,0
	40	43,3 ± 4,0	65,4 ± 4,9	56,5 ± 4,2	43,0 ± 3,0	64,0 ± 4,0
<i>Florence</i>	30	46,8 ± 2,8	43,0 ± 2,7	47,0 ± 2,5	46,7 ± 2,3	50,8 ± 3,1
	40	57,3 ± 3,6	62,0 ± 3,2	61,5 ± 3,2	59,5 ± 2,9	62,4 ± 4,0
<i>Honeoye</i>	30	46,5 ± 2,7	46,4 ± 2,7	49,8 ± 2,7	48,0 ± 2,0	47,1 ± 3,0
	40	58,3 ± 3,0	53,8 ± 3,0	59,6 ± 2,7	53,7 ± 2,2	60,9 ± 3,7
<i>Kimberly</i>	30	37,6 ± 2,4	54,4 ± 3,7	48,2 ± 2,6	45,5 ± 3,0	46,9 ± 3,8
	40	47,6 ± 3,0	71,5 ± 5,0	64,8 ± 3,4	68,8 ± 3,6	58,3 ± 4,0
<i>Siria</i>	30	50,5 ± 3,8	53,8 ± 3,1	59,6 ± 2,7	53,7 ± 2,2	50,9 ± 3,7
	40	58,0 ± 3,0	71,7 ± 3,4	50,1 ± 2,7	50,7 ± 3,2	65,2 ± 3,1
Среднее	30	42,7 ± 2,6	49,0 ± 3,1	49,0 ± 2,9	44,5 ± 2,3	47,5 ± 3,0
	40	52,5 ± 3,4	65,3 ± 3,8	57,7 ± 3,3	54,8 ± 3,0	65,2 ± 3,6

Влияние Эмистима на длину корней, мм

Таблица 2.

Сорт	Срок адаптации, дн.	Способ и время обработки				
		контроль	замачивание			полив грунта
			1 ч	2 ч	5 ч	
<i>Asia</i>	30	71,8 ± 4,8	83,9 ± 3,4	78,8 ± 4,0	79,5 ± 3,0	74,6 ± 2,6
	40	80,0 ± 4,4	98,1 ± 4,8	85,7 ± 5,1	90,6 ± 3,7	87,5 ± 3,8
<i>Darselect</i>	30	56,6 ± 3,1	64,4 ± 3,0	66,8 ± 2,5	68,7 ± 3,4	94,8 ± 4,6
	40	58,0 ± 5,1	75,6 ± 3,6	77,9 ± 4,9	76,7 ± 3,4	109,0 ± 4,7
<i>Florence</i>	30	72,1 ± 5,5	59,0 ± 4,0	66,3 ± 3,3	68,3 ± 3,4	79,3 ± 3,2
	40	76,4 ± 6,2	88,0 ± 3,1	86,7 ± 3,5	95,5 ± 3,7	97,6 ± 5,8
<i>Honeoye</i>	30	79,7 ± 3,0	69,5 ± 4,1	77,2 ± 3,7	73,3 ± 3,1	81,9 ± 3,7
	40	89,4 ± 2,8	91,5 ± 3,8	101,3 ± 3,1	90,9 ± 2,5	91,5 ± 3,9
<i>Kimberly</i>	30	57,6 ± 4,1	71,5 ± 2,6	70,2 ± 4,0	67,9 ± 3,7	68,9 ± 3,5
	40	73,8 ± 3,8	95,0 ± 4,1	81,1 ± 2,8	83,8 ± 4,5	79,5 ± 5,0
<i>Siria</i>	30	60,7 ± 4,0	89,8 ± 3,0	76,8 ± 3,1	80,6 ± 4,4	74,7 ± 3,3
	40	80,6 ± 4,2	111,7 ± 4,2	98,5 ± 4,0	102,2 ± 4,6	100,3 ± 4,9
Среднее	30	66,5 ± 4,1	73,0 ± 3,0	72,7 ± 3,4	73,1 ± 3,5	78,3 ± 3,3
	40	76,4 ± 4,4	93,4 ± 3,9	88,5 ± 3,9	90,0 ± 3,5	94,2 ± 4,2

Через 30 дн. адаптации разница с контролем составляла 10...18%, в конце адаптации – 15...25%. Развитие корневой системы, прежде всего образование корней второго порядка, при обработке Эмистимом шло гораздо активнее, что позволяет сократить сроки адаптации на 5...7 дн. (рис. 2).

На фоне более развитой корневой системы растения формировали большее количество листьев, по сравнению с контролем (табл. 3).

Максимальное количество листьев через 30 дн. адаптации сформировалось под действием Эмистима в течение 1 ч ($6,4 \pm 0,3$). Последующее выращивание растений в условиях постепенного снижения влажности (через 40 дн. после высадки) также подтверждает эффективность использования Эмистима на этапе адаптации земляники.

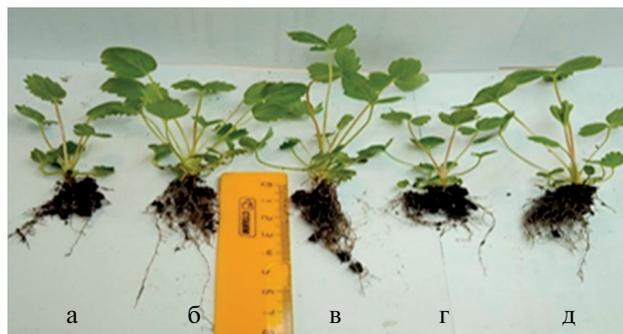


Рис. 2. Состояние корневой системы растений сорта *Kimberly* через 30 дн. после обработки Эмистимом: а – контроль; б – замачивание на 1 ч; в – замачивание на 2 ч; г – замачивание на 5 ч; д – полив грунта.

Влияние Эмистима на количество листьев адаптируемых растений земляники, шт./раст.

Таблица 3.

Сорт	Срок адаптации, дн.	Способ и время обработки				
		контроль	замачивание			полив грунта
			1 ч	2 ч	5 ч	
<i>Asia</i>	30	$5,4 \pm 0,2$	$7,2 \pm 0,5$	$7,2 \pm 0,4$	$6,2 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,3$
	40	$5,8 \pm 0,3$	$7,7 \pm 0,4$	$7,6 \pm 0,4$	$6,5 \pm 0,2$	$6,6 \pm 0,3$
<i>Darselect</i>	30	$4,8 \pm 0,2$	$8,2 \pm 0,5$	$6,8 \pm 0,5$	$5,0 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$
	40	$4,7 \pm 0,1$	$7,6 \pm 0,4$	$6,5 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,2$	$6,4 \pm 0,2$
<i>Florence</i>	30	$5,4 \pm 0,2$	$5,1 \pm 0,2$	$5,4 \pm 0,1$	$5,1 \pm 0,1$	$5,4 \pm 0,2$
	40	$5,3 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,2$	$5,7 \pm 0,2$	$5,9 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,2$
<i>Honeoye</i>	30	$5,8 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,2$	$6,9 \pm 0,3$
	40	$5,4 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,1$	$6,3 \pm 0,2$
<i>Kimberly</i>	30	$4,9 \pm 0,1$	$5,6 \pm 0,2$	$5,2 \pm 0,2$	$5,2 \pm 0,2$	$5,9 \pm 0,3$
	40	$5,6 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$	$5,7 \pm 0,2$	$5,4 \pm 0,2$
<i>Siria</i>	30	$5,6 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,2$	$5,5 \pm 0,2$	$5,7 \pm 0,3$
	40	$5,7 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,1$	$6,0 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,3$
Среднее	30	$5,3 \pm 0,2$	$6,4 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,4$	$5,5 \pm 0,2$	$5,9 \pm 0,3$
	40	$5,4 \pm 0,2$	$6,7 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,2$

Приживаемость микрорастений на этапе *ex vitro*, %

Таблица 4.

Сорт	Способ и время обработки				
	контроль	замачивание			полив грунта
		1 ч	2 ч	5 ч	
<i>Asia</i>	85,7	100,0	100,0	95,5	94,4
<i>Darselect</i>	80,0	100,0	92,6	88,2	93,8
<i>Florence</i>	91,7	100,0	100,0	100,0	100,0
<i>Honeoye</i>	88,2	95,5	92,0	96,3	90,7
<i>Kimberly</i>	83,2	100,0	95,5	97,0	100,0
<i>Siria</i>	90,5	95,8	96,2	100,0	92,9
Среднее	86,3	98,6	96,1	96,2	96,4

Использование раствора Эмистима на этапе высадки растений *in vitro* в нестерильные условия позволило увеличить выход адаптированных растений по отдельным генотипам до 100% (табл. 4). Наибольший выход адаптированных растений отмечали у сорта *Florence* при всех способах и сроках воздействия Эмистимом.

Выводы. В среднем по сортам приживаемость растений на этапе *ex vitro* при всех вариантах обработок Эмистимом была выше, чем в контроле, что подтверждает целесообразность его применения в системе производства посадочного материала земляники. Биометрические показатели при всех способах обработки растений препаратом Эмистим в среднем по сортам превышали показатели контроля, сроки адаптации сокращались на 5...7 дн. Оптимальным способом обработки растений можно считать замачивание базальной части розеток земляники в растворе Эмистима в течение 1 ч. Результаты исследований позволяют рекомендовать данную технологию к использованию в производстве качественного посадочного материала земляники.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белякова Л.В., Высоккий В.А., Алексеенко Л.В. Применение элиситоров при клональном микроразмножении земляники // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 26. С. 194–200.
2. Дорошенко Н.П., Пузырнова В.Г., Трошин Л.П. Усовершенствование технологии клонального микроразмножения винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022. Т. 24 (2). С. 102–111. <https://doi.org/10.35547/IM.2022.46.55.001>
3. Жидехина Т.В. Результаты применения биорегуляторов роста циркон, эмистим и экост на ягодных культурах // Мат. VIII межд. Симп. «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». Москва, 22–26 июня 2009 г. Т. 2. 2009. 547 с.
4. Каширская Н.Я., Цуканова Е.М., Кочкина А.М. Применение препаратов из группы иммуно- и росторегуляторов в защите яблони от парши // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 48 (2). С. 144–147.
5. 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.
6. Мацнева О.В., Ташматова Л.В. Клональное микроразмножение земляники – перспективный метод современного питомниководства (обзор) // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 113–119. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10411>
7. Мацнева О.В., Ташматова Л.В., Хромова Т.М. Биотехнологические приемы оптимизации микроразмножения и адаптации генотипов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) (методические рекомендации). Орел. ВНИИСПК. 2021. 24 с.
8. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Н., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрохимия. 2005. № 11. С. 76–86.
9. Хапова С.А., Мальцев Д.Е. Эффективное использование регуляторов роста при культивировании ремонтантных и обычных сортов земляники в Ярославской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 30. С. 119–128.
10. Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions // Agronomy. 2019. Vol. 9. P. 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306> www.mdpi.com/journal/agronomy
11. Dewir Y.H., Al-Ali A.M., Al-Obeed R.S. et al. Biological Acclimatization of Micropropagated Al-Taif Rose (*Rosa damascena* f. *trigintipetala* (Diek) R. Keller) Plants Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi *Rhizophagus fasciculatus* // Horticulturae. 2024. Vol. 10. P. 1120. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101120>
12. El Bakouri Z. E., Meziani R., Mazri M.A. et al. Production cost of tissue cultured date palm cv. Mejhoul in Morocco: a 10-year based agribusiness study // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2023. Vol. 152. P. 405–416. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02417-y>
13. Grzelak I. M., Pacholczak A., Nowakowska K. The effect of several growth regulators and biostimulants on biochemical and physiological changes in acclimation of micropropagated *Echinacea purpurea* Moench. ‘Raspberry Trufe’ // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2024. Vol. 159. No. 22. P. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s11240-024-02869-4>
14. Krakhmaleva I.L., Molkanova O.I., Orlova N.D. et al. *In Vitro* Morpho-Anatomical and Regeneration Features of Cultivars of *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim. // Horticulturae. 2024. Vol. 10. P. 1335. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121335>
15. Kumar D., Mahadev M., Sanjeev S. et al. Tissue Culture Approaches to Strawberries Improvement // Agriculture & Food: E-Newsletter. 2024. Vol. 06. I. 08. P. 362–368. <https://www.researchgate.net/publication/3842421244>
16. Mukherjee E., Gantait S. Strawberry biotechnology: A review on progress over past 10 years // Scientia Horticulturae. 2024. Vol. 4. No. 1. P. 113618. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113618>
17. Samarskaya V.O., Malaeva E.V., Postnova M.V. Aspects of clonal micropropagation and conservation of plants *in vitro* // Natural Systems and Resources. 2019. Vol. 9. No. 3. PP. 13–22. <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2019.3.2>
18. Sharma N., Kumar N., James J. et al. Strategies for successful acclimatization and hardening of *in vitro* regenerated plants: Challenges and innovations in micropropagation techniques // Plant Science Today (Early Access). 2023. <https://doi.org/10.14719/pst.2376>
19. Soppelsa S., Kelderer M., Casera C. et al. Foliar Applications of Biostimulants Promote Growth, Yield and Fruit Quality of Strawberry Plants Grown under Nutrient Limitation // Agronomy. 2019. Vol. 9. P. 483. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090483>
20. Zydlik P., Zydlik Z., Kafkas N.E. The Effect of the Foliar Application of Biostimulants in a Strawberry Field Plantation on the Yield and Quality of Fruit, and on the Content of Health-Beneficial Substances // Agronomy. 2024. Vol. 14. P. 1786. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081786>

REFERENCES

1. Belyakova L.V., Vysokij V.A., Alekseenko L.V. Primenenie elisitorov pri klonal'nom mikrorazmnozhenii zemlyaniki // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2011. T. 26. S. 194–200.
2. Doroshenko N.P., Puzyrнова V.G., Troshin L.P. Usovershenstvovanie tekhnologii klonal'nogo mikrorazmnozheniya vino-grada // «Magarach». Vinogradarstvo i vinodelie. 2022. T. 24 (2). S. 102–111. <https://doi.org/10.35547/IM.2022.46.55.001>
3. Zhidekhina T.V. Rezul'taty primeniya bioregulyatorov rosta cirkon, emistim i ekost na yagodnyh kul'turah // Mat. VIII mezhd. Simp. “Novye i netradicionnye rasteniya i perspektivy ih ispol'zovaniya”. Moskva, 22-26 iyunya 2009 g. T. 2. 2009. 547 s.

4. Kashirskaya N.Ya., Cukanova E.M., Kochkina A.M. Primenenie preparatov iz gruppy immuno- i rostoregulyatorov v zashchite yabloni ot parshi // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2017. T. 48 (2). S. 144–147.
5. Kuharchik N.V., Kastrickaya M.S., Semenas S.E., i dr. Razmnozhenie plodovyh rastenij v kul'ture in vitro / Pod obshch. red. N.V. Kuharchik. Minsk: Belaruskaya navuka. 2016. 208 s.
6. Macneva O.V., Tashmatova L.V. Klonal'noe mikrorazmnozhenie zemlyaniki — perspektivnyj metod sovremennogo pitomnikovodstva (obzor) // Sovremennoe sadovodstvo. 2019. № 4. S. 113–119. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10411>
7. Macneva O.V., Tashmatova L.V., Hromova T.M. Biotekhnologicheskie priemy optimizacii mikroklonal'nogo razmnozheniya i adaptacii genotipov zemlyaniki sadovoj (Fragaria × ananassa Duch.) (metodicheskie rekomendacii). Orel. VNIISPK. 2021. 24 s.
8. Prusakova L.D., Malevannaya N.N., Belopuhov S.N., Vaku-lenko V.V. Regulyatory rosta rastenij s antistressovymi i immuno-protektornymi svojstvami // Agrohimiya. 2005. № 11. S. 76–86.
9. Napova S.A., Mal'cev D.E. Effektivnoe ispol'zovanie regulyatorov rosta pri kul'tivirovanii remontantnyh i obychnyh sortov zemlyaniki v Yaroslavskoj oblasti // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2012. T. 30. S. 119–128.
10. Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions // Agronomy. 2019. Vol. 9. P. 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306> www.mdpi.com/journal/agronomy
11. Dewir Y.H., Al-Ali A.M., Al-Obeed R.S. et al. Biological Acclimatization of Micropropagated Al-Taif Rose (Rosa damascena f. trigintipetala (Diek) R. Keller) Plants Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi Rhizophagus fasciculatus // Horticulturae. 2024. Vol. 10. P. 1120. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101120>
12. El Bakouri Z. E., Meziani R., Mazri M.A. et al. Production cost of tissue cultured date palm cv. Mejhoul in Morocco: a 10 year based agribusiness study // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2023. Vol. 152. P. 405–416. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02417-y>
13. Grzelak M., Pacholczak A., Nowakowska K. The effect of several growth regulators and biostimulants on biochemical and physiological changes in acclimation of micropropagated Echinacea purpurea Moench. 'Raspberry Trufe' // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2024. Vol. 159. No. 22. P. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s11240-024-02869-4>
14. Krakhmaleva I.L., Molkanova O.I., Orlova N.D. et al. In Vitro Morpho-Anatomical and Regeneration Features of Cultivars of Actinidia kolomikta (Maxim.) Maxim. // Horticulturae. 2024. Vol. 10. P. 1335. <https://doi.org/10.3390/horticulturae1012133>
15. Kumar D., Mahadev M., Sanjeev S. et al. Tissue Culture Approaches to Strawberries Improvement // Agriculture & Food: E-Newsletter. 2024. Vol. 06. I. 08. P. 362–368. <https://www.researchgate.net/publication/384241244>
16. Mukherjee E., Gantait S. Strawberry biotechnology: A review on progress over past 10 years // Scientia Horticulturae. 2024. Vol. 4. No. 1. P. 113618. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113618>
17. Samarskaya V.O., Malaeva E.V., Postnova M.V. Aspects of clonal micropropagation and conservation of plants in vitro // Natural Systems and Resources. 2019. Vol. 9. No. 3. PP. 13–22. <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2019.3.2>
18. Sharma N., Kumar N., James J. et al. Strategies for successful acclimatization and hardening of in vitro regenerated plants: Challenges and innovations in micropropagation techniques // Plant Science Today (Early Access). 2023. <https://doi.org/10.14719/pst.2376>
19. Soppelsa S., Kelderer M., Casera C. et al. Foliar Applications of Biostimulants Promote Growth, Yield and Fruit Quality of Strawberry Plants Grown under Nutrient Limitation // Agronomy. 2019. Vol. 9. P. 483. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090483>
20. Zydlik P., Zydlik Z., Kafkas N.E. The Effect of the Foliar Application of Biostimulants in a Strawberry Field Plantation on the Yield and Quality of Fruit, and on the Content of Health-Beneficial Substances // Agronomy. 2024. Vol. 14. P. 1786. <https://doi.org/10.3390/agronomy1408178>

Поступила в редакцию 30.01.2025

Принята к публикации 13.02.2025

УДК 631.816.23:631.431:631.582

DOI: 10.31857/S2500208225020085, EDN: HUQWIW

СУММАРНАЯ И НЕОТЧУЖДАЕМАЯ ИЗ ПОЧВЫ ФИТОМАССА ПОЖНИВНОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ФИТОЦЕНОЗА (ПЕФ) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМАХ ВЫРАЩИВАНИЯ И СПОСОБАХ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАПАДНОМ ПРИКАСПИИ

Абзагир Абдурагимович Гусейнов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова», г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия
E-mail: arsmurat@yandex.ru

Аннотация. Работа выполнена в ООО «Вымпел-2002» Хасавюртовского района Республики Дагестан на лугово-каштановой тяжелосуглинистой почве, содержащей 2,77% гумуса, 32,8 – K_2O , 2,21 мг/100 г – P_2O_5 и плотностью 1,24 г/см³, наименьшей влагоемкостью слоя 0–0,6 м – 29,5%. Исследована продолжительность вегетационного периода пожнивного естественного фитоценоза (ПЕФ), урожайность зеленой массы, ее продуктивность и доля неотчуждаемой части фитомассы в зависимости от приема выращивания и способа использования. За три месяца формирования ПЕФ после уборки урожая озимой пшеницы можно получить два укоса зеленой массы в фазе молочной спелости семян злаковых компонентов за 31–35 суток каждый. Срок наступления укосной спелости в три раза меньше, чем у наиболее распространенных сеянных пожнивных культур (кукуруза, сахарное сорго), у которых она отмечается на 100–110 дн. после посева. Урожайность надземной и подземной зеленой массы ПЕФ при оптимальном приеме повышения продуктивности и способе использования составляет 26,9 т/га зеленой массы. Доля неотчуждаемых из почвы поукосных и корневых остатков из общего количества ПЕФ по вариантам опыта в среднем за годы исследований – 19,6–20,8%.

Ключевые слова: Республика Дагестан, пожнивной естественный фитоценоз (ПЕФ), неотчуждаемая фитомасса, укос, пожнивная культура, фаза развития, поукосные и корневые остатки, урожайность

TOTAL AND UNALIENABLE SOIL PHYTOMASS OF THE POST-HARVEST NATURAL PHYTOCENOSIS (PNP) WITH VARIOUS CULTIVATION METHODS AND WAYS OF USING IT IN THE WESTERN CASPIAN REGION

A.A. Guseynov, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*

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

E-mail: arsmurat@yandex.ru

Abstract. *The work was carried out in Vympel-2002 LLC, Khasavyurt district of the Republic, on meadow-chestnut heavy loamy soil containing 2.77% humus, 32.8 K₂O, 2.21 mg/100 g P₂O₅ and a density of 1.24 g/cm³, the lowest moisture capacity of the 0–0.6 m layer of 29.5%. The duration of the vegetation period of the post-harvest natural phytocenosis (PHP), the yield of green mass, its productivity and the proportion of the inalienable part of the phytomass were studied depending on the cultivation technique and the method of using its phytomass. During three months of PHP formation after harvesting winter wheat, two mowings of green mass in the milky ripeness phase of cereal component seeds can be obtained for 31–35 days each. The period of onset of its mowing maturity is three times less than that of the most common sown stubble crops – corn, sweet sorghum, – for which it occurs 100–110 days after sowing. The yield of aboveground and underground green mass of PEF with the optimal method of increasing productivity and the method of using phytomass is 26.9 t/ha of green mass. The share of inalienable from the soil mowing and root residues in the total mass of PEF according to the experimental variants on average over the years of research is 19.6–20.8%.*

Keywords: *Republic of Dagestan, stubble natural phytocenosis (PEF), inalienable phytomass, mowing, stubble crop, development phase, mowing and root residues, yield*

Результаты исследований по возможности получения урожая ПЕФ после уборки озимых культур в орошаемых районах Западного Прикаспия приведены в нескольких научных публикациях. [4, 5] Пшеница в этих условиях созревает на зерно в III декаде июня – начале июля, ячмень еще раньше – во II...III декадах июня. Оптимальный срок посева озимой пшеницы – III декада сентября ... II декада октября. Продолжительность пожнивного периода между уборкой и повторным посевом этой культуры превышает 100 сут., если после зернового предшественника размещается кукуруза или другая яровая культура, то время с температурой воздуха выше 5°C составляет 275...280 сут. [3] Этот срок сопоставим с продолжительностью всего вегетационного периода в ЦЧО и более северных регионах страны.

На поживный период между уборкой и повторным посевом озимой пшеницы приходится 60,7...62,4% положительных температур воздуха от суммарного количества за год (4112...4211°C), 55,1...63,7% активных температур воздуха выше 10°C (3671...3770°C) и 32,2...37,0% фотосинтетически активной радиации (ФАР) (50,0...51,2 ккал/см²). [4]

В опубликованных работах наиболее эффективный способ применения гидротермических и энергетических ресурсов региона и интенсивного использования пашни в орошаемых районах Западного Прикаспия – формирование в поживный период фитомассы сорно-полевой растительности (естественный фитоценоз) из-за проведения полива сразу же после уборки урожая озимой пшеницы. [1, 2, 4] Авторы в своих исследованиях получали по 15...16 т/га зеленой массы до повторного посева этой культуры.

Когда после озимой пшеницы следующей культурой севооборота была кукуруза, урожайность надземной и подземной массы ПЕФ за два укоса составила 21,9 т/га. [5–7] Но не уточняется применение скошенной зеленой массы первого и второго укосов ПЕФ.

Цель работы – изучить процесс накопления фитомассы ПЕФ в почве при различных приемах выращивания и способах использования в Западном Прикаспии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в ООО «Вымпел-2002» Хасавюртовского района Республики Дагестана на лугово-каштановой тяжелосуглинистой почве, содержащей 2,77% гумуса, 32,8 – K₂O, 2,21 мг/100 г – P₂O₅ и плотностью 1,24 г/см³, наименьшей влагоемкостью слоя 0...0,6 м – 29,5%.

Варианты полевого эксперимента: 1) первый и второй укосы ПЕФ на зеленый корм; 2) первый укос ПЕФ на зеленый корм, второй – на зеленое удобрение, измельчение и заделка фитомассы тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3 перед запашкой плугом ПЛН-4-35; 3) первый укос ПЕФ на зеленое удобрение, измельчение и разброс по делянке, второй – на зеленое удобрение, измельчение и заделка фитомассы тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3 перед запашкой ПЛН-4-35; 4) первый укос ПЕФ на зеленое удобрение, измельчение и заделка фитомассы БДТ-3, второй – на зеленое удобрение, измельчение и заделка БДТ-3 перед запашкой ПЛН-4-35.

Площадь учетной делянки – 100 м², повторность – четырехкратная, расположение делянок рендомизированное.

Учет урожая ПЕФ осуществляли согласно «Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами по пробному снопам при каждом укосе. Математическая обработка урожайных данных и регрессионный анализ показателей продуктивности проводили по Б.А. Доспехову.

РЕЗУЛЬТАТЫ

За три месяца формирования ПЕФ после уборки урожая озимой пшеницы можно получить два укоса зеленой массы в фазе молочной спелости семян злаковых компонентов. Если после уборки фитомассы поле намечается отвести под озимую пшеницу (или другую озимую культуру), то рекомендуют подготовку почвы начинать после первого укоса. [1, 2, 4] Если

размещать после нее яровую культуру, эффективнее убрать два укоса фитомассы. [5–7] Во всех случаях уборку ПЕФ авторы предлагают проводить в фазе молочной спелости семян мятликовых (злаковых) растений.

Мы установили, что вегетационный период одного укоса естественного фитоценоза до наступления фазы молочной спелости семян доминирующего вида колеблется от 31 до 35 сут., в зависимости от условий года (см. таблицу).

Такая продолжительность укосной спелости ПЕФ в среднем в три раза меньше, чем у наиболее распространенных пожнивных культур (кукуруза, сахарное сорго), укосная спелость которых наступает на 100...110 день после посева. Для подготовки почвы и посева требуется не менее недели, месяц растения пребывают в фазе трех-пяти листьев, до наступления молочной спелости проходит еще 50...60 дн. В случае с ПЕФ большинство малолетних растений находятся в фазе всходов еще до уборки озимой пшеницы. После полива фаза молочной спелости семян мятликовых трав наступает в ранние сроки (конец июля – I декада августа), второй укос можно проводить в этой фазе доминирующих видов сорно-полевой растительности еще через месяц. Это ценное преимущество ПЕФ, по сравнению с сеянными пожнивными культурами, которое позволяет эффективно использовать поживный период для получения дополнительного урожая фитомассы без затрат, кроме полива после уборки озимой пшеницы и первого укоса ПЕФ.

От проведения полива в I декаде июля до отрастания первого укоса фитомассы ПЕФ в фазе молочной спелости зерна мятликовых трав в среднем за годы исследований проходит 35 дн. Второй укос осуществляли на четыре дня раньше. Всего на два укоса потребовалось 66 дн. – до II декады сентября. Этого времени достаточно для основной обработки почвы и влагозарядкового полива под яровые культуры еще осенью.

При анализе полученных данных по урожайности зеленой массы в зависимости от исследуемых факторов

обнаружили, что доля второго укоса в ее суммарном урожае во втором варианте, где первый укос ПЕФ убирали на зеленый корм, второй – на зеленое удобрение, увеличивается на 8,9%, в третьем (оба укоса на зеленое удобрение, измельчение и разброс по полю фитомассы первого укоса, заделка дисковой бороной – второго) – на 25,0%, в четвертом (оба укоса на зеленое удобрение, измельчение и заделка дисковой бороной после каждого укоса) – на 33,9% (см. рисунок). Доля поукосных и корневых остатков в общей массе ПЕФ составила по вариантам опыта в среднем за годы исследований 19,6...20,8%.

Следовательно, все приемы и способы использования фитомассы ПЕФ (за исключением контроля) направлены на то, чтобы повысить урожайность фитомассы во втором укосе ПЕФ. При этом урожайность общей фитомассы во втором варианте повышается на 0,9%, третьем – 9,9, четвертом – 15,8%.

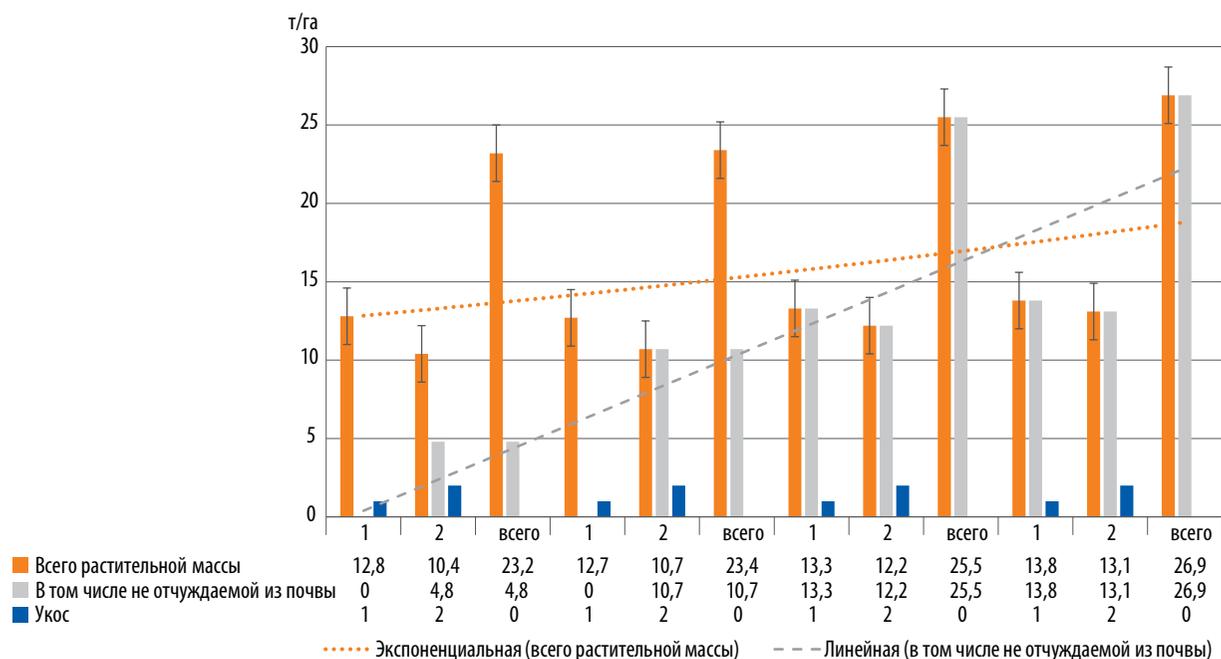
Особый интерес представляет вопрос о количестве неотчуждаемой из почвы части ПЕФ, которое формируется при исследуемых приемах выращивания и способах использования фитомассы. По сравнению с контролем, в среднем за 2017–2019 годы ее накопилось больше в 2,2 раза во втором варианте, при стимулировании повышения урожайности ПЕФ с помощью растительной мульчи на поверхности почвы из фитомассы первого укоса (3 вариант) – в 5,3 раза. В том случае, когда оба укоса скашивали на зеленое удобрение, измельчали и заделывали фитомассу дисковой бороной после каждого укоса – в 5,6 раза.

Поэтому применение последних двух способов выращивания позволяет накопить в почве больше зеленой массы, что приведет к росту запасов питательных элементов и улучшению ее плодородия.

Выводы. За три месяца формирования ПЕФ после уборки урожая озимой пшеницы можно получить два укоса зеленой массы в фазе молочной спелости зерна злаковых компонентов за 31...35 сут. каждый. Срок наступления укосной спелости в три раза меньше, чем у наиболее распространенных сеянных пожнивных

Даты наступления фаз развития и продолжительность межфазных периодов щиряцы запрокинутой в 2017–2019 годах

Фаза развития	2017		2018		2019		Средняя	
	укос							
	1	2	1	2	1	2	1	2
Дата наступления фаз развития								
Всходы (отрастание)	3.07	12.08	4.07	12.08	6.07	13.08	–	–
Кущение	8.07	17.08	9.07	15.08	10.07	15.08	–	–
Выход в трубку	20.07	29.08	22.07	27.08	23.07	27.08	–	–
Колошение	23.07	1.09	25.07	30.08	25.07	30.08	–	–
Молочная спелость	8.08	15.09	9.08	12.09	11.08	14.09	–	–
Продолжительность межфазных периодов, дн.								
Всходы – кущение	5	5	5	3	4	2	5	3
Кущение – выход в трубку	12	12	13	12	13	12	12	12
Выход в трубку – колошение	3	3	3	3	2	3	3	3
Колошение – молочная спелость	15	14	15	13	16	15	14	14
Продолжительность периода вегетации	35	31	36	31	35	32	35	31



Урожайность ПЕФ по укосам и доля неотчуждаемой из почвы растительной массы в зависимости от приема повышения продуктивности и способа использования его фитомассы, в среднем за 2017–2019 годы.

культур (кукуруза, сахарное сорго), у которых она составляет 100...110 дн.

Урожайность ПЕФ при оптимальном приеме повышения продуктивности и способе использования фитомассы – 26,9 т/га надземной и подземной зеленой массы, больше, чем в контрольном варианте на 3,7 т/га. Доля поукосных и корневых остатков в общей массе ПЕФ по вариантам опыта в среднем за годы исследований – 19,6...20,8%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдуллаев Ж.Н., Магомедов Н.Р., Гасанов Г.Н., Бексултанов А.А. Продуктивность пожнивных культур в сравнении с естественным фитоценозом в Приморской подпровинции Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 1 (19). С. 4–7.
2. Абдуллаев Ж.Н., Гасанов Г.Н., Аджиев А.М., Бексултанов А.А. Приемы обработки каштановой почвы и продуктивность звена севооборота «пожнивная культура – озимая пшеница» в Приморской подпровинции Дагестана // Аграрная наука. 2012. № 3. С. 9–12.
3. Гасанов Г.Н. Основы систем земледелия Западного Прикаспия. Махачкала: Дагсельхозакадемия, 2008. 263 с.
4. Гасанов Г.Н., Арсланов М.А. О системах содержания почв в ирригационных агроландшафтах и их классификации // Земледелие. 2017. № 1. С. 21–24.
5. Тамазаев Т.И. Видовой состав и продуктивность естественного фитоценоза и кукурузы на силос пожнивного посева в Терско-Сулакской низменности Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3 (35). С. 75–79.
6. Тамазаев Т.И., Мусаев М.Р., Гасанов Г.Н. Эффективность минерального и органо-минерального фона удобрения в звене зернопропашного севооборота // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3 (35). С. 70–75.

7. Тамазаев Т.И., Мусаев М.Р., Гасанов Г.Н. Влияние способа содержания почвы в пожнивной период на продуктивность кукурузы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 44–47.

REFERENCES

1. Abdullaev Zh.N., Magomedov N.R., Gasanov G.N., Beksultanov A.A. Produktivnost' pozhnivnykh kul'tur v sravnenii s estestvennym fitocенозом v Primorskoj podprovincii Dagestana // Problemy razvitiya APK regiona. 2012. № 1 (19). S. 4–7.
2. Abdullaev Zh.N., Gasanov G.N., Adzhiev A.M., Beksultanov A.A. Priemy obrabotki kashtanovoy pochvy i produktivnost' zvena sevooborota «pozhnivnaya kul'tura – ozimaya psheniца» v Primorskoj podprovincii Dagestana // Agrarnaya nauka. 2012. № 3. S. 9–12.
3. Gasanov G.N. Osnovy sistem zemledeliya Zapadnogo Prikaspiya. Mahachkala: Dagsel'hozakademiya, 2008. 263 s.
4. Gasanov G.N., Arslanov M.A. O sistemah soderzhaniya pochv v irrigacionnykh agrolandshaftah i ih klassifikacii // Zemledelie. 2017. № 1. S. 21–24.
5. Tamazaev T.I. Vidovoj sostav i produktivnost' estestvennogo fitocеноза i kukuruzy na silos pozhnivnogo poseva v Tersko-Sulakskoj nizmennosti Prikaspiya // Problemy razvitiya APK regiona. 2018. № 3 (35). S. 75–79.
6. Tamazaev T.I., Musaev M.R., Gasanov G.N. Effektivnost' mineral'nogo i organo-mineral'nogo fona udobreniya v zvene zernopropashnogo sevooborota // Problemy razvitiya APK regiona. 2018. № 3 (35). S. 70–75.
7. Tamazaev T.I., Musaev M.R., Gasanov G.N. Vliyanie sposoba soderzhaniya pochvy v pozhnivnoj period na produktivnost' kukuruzy // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 4. S. 44–47.

Поступила в редакцию 13.03.2025
Принята к публикации 27.03.2025

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ*

Елена Николаевна Киселева, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
Максим Анатольевич Раченко, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Анна Максимовна Раченко, ведущий инженер

СИФИБР СО РАН, г. Иркутск, Россия

E-mail: bigmks73@rambler.ru

Аннотация. В статье представлены результаты работы по изучению влияния генотипа, а также условий возделывания малины ремонтантной на жизнеспособность пыльцы. Исследования проводили в 2021–2023 годах на коллекционном участке Биоресурсного центра СИФИБР СО РАН (г. Иркутск). Объект изучения – сорта малины с ремонтантным типом плодоношения, возделываемые в открытом грунте и теплицах с пленочным и поликарбонатным покрытием. Качество опыления прямо коррелирует с продуктивностью культуры. Мы исследовали взаимосвязь между жизнеспособностью пыльцы отобранной в разные сроки и различных условиях возделывания (открытый и закрытый грунт) и продуктивностью растений малины ремонтантной. В открытом грунте высокая жизнеспособность пыльцы отмечена в период массового цветения (1 августа) – $71,8 \pm 7,86\%$, в теплице с поликарбонатным покрытием с 1 августа по 1 сентября – $74,5 \pm 6,42... 75,9 \pm 9,78\%$. Корреляционный анализ показал влияние жизнеспособности пыльцы на качество плодов и продуктивность растений с 1 м^2 . Коэффициент корреляции во всех вариантах стремится к единице и может быть оценен как сильный. По коэффициенту детерминации связь между жизнеспособностью пыльцы и массой плодов – 98% , размером плодов – 68% , продуктивностью – 92% . Результаты могут помочь в разработке оптимальных условий для возделывания культуры в закрытом грунте и подборе пластичного сорта.

Ключевые слова: Прибайкалье, малина ремонтантная, открытый и закрытый грунт, пыльца, опыление, продуктивность

EFFECTS OF GREENHOUSE CONDITIONS ON POLLEN VIABILITY OF REMONTANT RASPBERRY

E.N. Kiseleva, PhD in Agricultural Sciences, Researcher

M.A. Rachenko, Grand PhD in Agricultural Sciences, Chief Researcher

A.M. Rachenko, Lead Engineer

SIFIBR SB RAS, Irkutsk, Russia

E-mail: bigmks73@rambler.ru

Abstract. The article presents the results of the study of the genotype influence, as well as the cultivation conditions of remountant raspberries on the pollen viability. The studies were carried out in 2021–2023 at the collection site of the Bioresource Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk). The object of the study is raspberry varieties with a remountant type of fruiting, grown in open ground and greenhouses with film and polycarbonate covering. The quality of pollination directly correlates with the productivity of the crop. We investigated the relationship between the pollen viability collected at different times and under different cultivation conditions (open and closed ground) and the productivity of remountant raspberry plants. In open ground, high pollen viability was noted during the period of mass flowering (August 1) – $71.8 \pm 7.86\%$, in a greenhouse with a polycarbonate covering from August 1 to September 1 – $74.5 \pm 6.42... 75.9 \pm 9.78\%$. Correlation analysis showed the influence of pollen viability on the fruit quality and plant productivity from 1 m^2 . The correlation coefficient in all variants tends to one and can be assessed as strong. According to the determination coefficient, the relationship between pollen viability and fruit weight is 98% , fruit size – 68% , productivity – 92% . The results can help in developing optimal conditions for cultivating crops in closed ground and selecting a flexible variety.

Keywords: Baikal region, remountant raspberry, open and closed ground, pollen, pollination, productivity

Плоды малины обыкновенной с ремонтантным типом плодоношения имеют важное продовольственное значение для региона. Возможность выращивания культуры в закрытом грунте позволяет продлить сезон потребления свежей ягодной продукции. [1] При разработке такой технологии важно учитывать способность

культуры к сохранению жизнеспособности пыльцы при высоких температурах. Пыльцевые зерна малины трех-бороздно-оровые, шаровидно-сплюсненной формы. Длина полярной оси – $20,4...22,5 \text{ мкм}$, экваториальный диаметр – $22,1...25,5 \text{ мкм}$. Скульптура тонкая, мелкобугорчатая. Цвет пыльцы – светло-серый. [14, 15]

* Минобрнауки России для ФГБУН Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (Пер. № НИОКТР – 122041100049-0) «Изучение генетического контроля, молекулярных и физиолого-биохимических путей формирования и регуляции устойчивости растений в резко меняющихся условиях внешней среды». (Руководитель: д.б.н. В.К. Войников) № проекта в госзадании – 0277-2022-0006. Благодарность выражается ЦКП «Биоаналитика» и ЦКП «Биоресурсный центр» Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (г. Иркутск, Россия) за возможность использования в исследованиях оборудования и коллекционного материала / The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of RAS (Project State Registration No – 122041100049-0 “The study of genetic control, molecular and physiological-biochemical ways of formation and regulation of plant resistance in dramatically changing environmental conditions.” (Supervisor: Doctor of Biological Sciences V.K. Voynikov) The project number in the state assignment is 0277-2022-0006. Gratitude is expressed to the CCP “Bioanalytics” and the CCP “Bioresource Center” of the Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS (Irkutsk, Russia) for the opportunity to use equipment and collection materials in research.

Количество и качество плодов зависит от успешности опыления и сорта. [10, 13] Важный показатель, который напрямую связан с продуктивностью растений, – жизнеспособность пыльцы. [3, 17] Исследователи отметили влияние на фертильность пыльцы, помимо генотипа, таких факторов как: погодные условия года и агротехника. [5] Также можно выделить роль температурного стресса. [2, 11, 12] В полевых условия разница температур даже в 5°C существенно влияет на скорость роста пыльцевых трубок. [18] В литературе имеются сведения о действии неблагоприятных погодных условий (дождь, экстремально низкие или высокие температуры, пониженная влажность воздуха) на созревание и жизнеспособность пыльцы. [5, 9] В закрытом грунте рост и развитие растений, а также урожайность зависят от влажности, почвы и концентрации кислорода. [16] Изучение жизнеспособности пыльцы позволит скорректировать агротехнические приемы и повысить эффективность возделывания культуры.

Цель работы – выявление лучших продуктивных сортов малины ремонтантной для эффективного возделывания в условиях закрытого грунта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2021–2023 годах на коллекционном участке Биоресурсного центра СИФИБР СО РАН (г. Иркутск). Объект изучения – сорта малины с ремонтантным типом плодоношения, возделываемые в открытом грунте и теплицах с пленочным и поликарбонатным покрытием.

Пыльцу собирали в период интенсивного цветения в один день во всех трех вариантах с бутонов, близких к распусканию и максимально рыхлых (не менее чем от 5 цветков) (рис. 1).

Температура закрытого грунта зависит от влажности воздуха в теплице и системы проветривания. В теплицах для возделывания малины ремонтантной было организовано фронтальное и боковое проветривание. В дневное время с июля по сентябрь разница температуры воздуха между открытым грунтом и теплицей с поликарбонатным покрытием составила $9 \pm 5,3^{\circ}\text{C}$, пленочной – $4 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). Влажность воздуха в теплицах из-за поливов была выше, чем в открытом грунте.

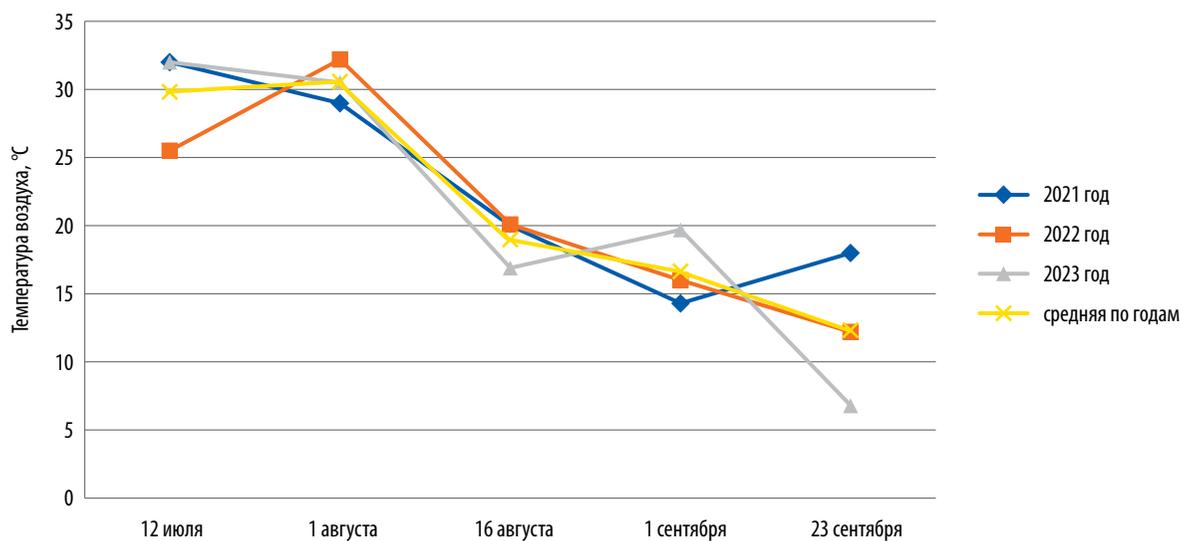


Рис. 1. Температура воздуха в открытом грунте при отборе проб.

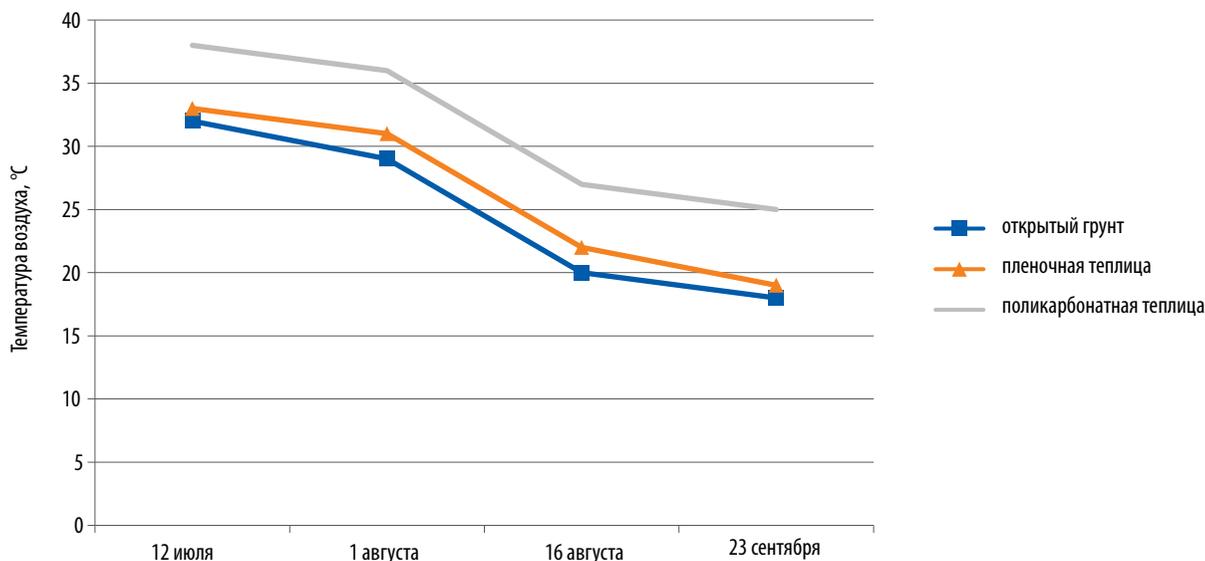


Рис. 2. Средняя разница температуры воздуха в открытом и закрытом грунте.

В день сбора пыльцевые зерна высевали на каплю питательной среды, нанесенной на стекло, повторность – трехкратная. Затем стекла выкладывали в чашки Петри и помещали в термостат, где выдерживали при температуре 24°C.

Для прорастания пыльцы использовали 0,5%-й раствор агар-агара с 10%-м содержанием сахарозы. [4, 6] Рост пыльцевых трубок всех образцов проверяли ежедневно. Пыльцевые зерна начинали прорастать на вторые сутки. Оценку жизнеспособности пыльцы проводили на третьи сутки, подсчитывая под микроскопом при 60-кратном увеличении в трех повторностях все прорастающие пыльцевые зерна с длиной трубки равной или больше диаметра пыльцы (рис. 3). Процент жизнеспособности пыльцы определяли по количеству проросших пыльцевых зерен изучаемых сортов малины.

Вегетационный период 2021 года характеризовался средней температурой воздуха – 13,6°C, количеством осадков – 478,7 мм, 2022 – 14,8°C и 263 мм, 2023 – 15,1°C и 417 мм соответственно. Минимальная температура в 2021 году была зафиксирована 2 сентября (минус 0,5°C), в ночь с 25 на 26 сентября – минус 2,4°C. В 2022 году первые заморозки наблюдали 3 сентября – минус 1,9°C, в ночь на 26 сентября – минус 1,2°C. В 2023 году первое понижение температуры зафиксировано 10 сентября (минус 1,8°C), в ночь на 26 – минус 1,9°C. Сумма активных температур выше 5°C составила по годам 2395°C (2023), 1843°C (2022), 2076°C (2021). Для успешного возделывания малины ремонтантной (80% потенциальной продуктивности) сумма активных температур (САТ) должна быть от 1700°C. Условия вегетационных периодов в годы исследования соответствовали требованиям культуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В открытом грунте начало вегетации малины ремонтантной отмечается с III декады апреля по II мая. В закрытом грунте из-за более раннего оттаивания почвы оно смещается на две недели раньше. [7, 8] К моменту, когда растение накапливает САТ выше 0°C – 600...1000°C, в зависимости от сорта, начинается формирование бутонов. Разница температурного режима в открытом и закрытом грунте в дневное время – 5...15°C, ночное – 2...6°C, что позволяет быстрее накапливать САТ в условиях теплицы. В закрытом грунте растения на две недели раньше проходят фазы фенологического развития, чем в открытом (табл. 1).

Самые ранние распустившиеся цветы отмечены в теплице с поликарбонатным покрытием в 2023 году 8 июня, в открытом грунте – 1 июля 2023 года. К этому моменту растение накапливает САТ выше 0°C более 1000°C. Для формирования плодов САТ выше 0°C должна быть более 1300°C. Скорость прохождения фенологических фаз зависит как от генотипа, так и условий окружающей среды. Самый продолжительный период развития растений – от начала вегетации до бутонизации (до 50 дн.), от начала бутонизации до начала цветения (14...16 дн.).

Малина ремонтантная характеризуется растянутым цветением и плодоношением, вплоть до наступления устойчивых и продолжительных отрицательных температур. [8]

В открытом грунте наиболее высокая жизнеспособность пыльцы отмечена в период массового цветения (1 августа) – 71,8 ± 7,86%, в теплице с поликарбонатным покрытием – с 1 августа по 1 сентября (74,5 ± 6,42%...75,9 ± 9,78%). В отборах в начале цветения от 12 июля (период с самыми высокими температурами воздуха) жизнеспособность пыльцы равномерная – от 32,1 ± 6,61% в поликарбонате до 39,8 ± 14,7% в открытом грунте. Существенно низкая отмечена в открытом грунте (23 сентября) – 0,9 ± 0,58%, в теплице с пленочным покрытием – 11,9 ± 1,8%, поликарбонатным – 36,5 ± 12,23%. Это показывает восприимчивость пыльцы к низким ночным температурам в открытом грунте в сентябре (минус 0,5... минус 1,9°C) (рис. 4).

В поликарбонатной теплице без проветривания и обогрева ночью температура воздуха на 4...6°C выше, чем в открытом грунте, в пленочной, осенью – 0,5...2,0°C.

Влияние температуры воздуха на жизнеспособность пыльцы прослеживается только в открытом грунте, где коэффициент корреляции составил 0,56 к средней температуре воздуха, 0,51 – максимальной и 0,77 – минимальной. Коэффициент детерминации показывает воздействие на жизнеспособность пыльцы максимальных температур на 25%, минимальных – на 58%. Низкая влажность воздуха в открытом грунте в ясные дни (33...44%) уменьшает жизнеспособность пыльцы на 15% (табл. 2).

В теплице с поликарбонатным покрытием влияние температуры и влажности воздуха на жизнеспособность пыльцы незначительное. Поскольку коэффициент корреляции к температурам меньше 0,3, то ее можно оценить как слабую. Корреляционный коэффициент между жизнеспособностью пыльцы и влажностью воздуха составил –0,35 (средняя отрицательная).

Таблица 1.

Феноритмика развития растений малины ремонтантной в закрытом и открытом грунте

Условия выращивания	Дата																		
	14.4	22.4	5.5	15.5	25.5	31.5	2.6	8.6	15.6	21.6	28.6	11.7	18.7	26.7	1.8	18.8	25.8	1.10	15.10
Пленочная теплица	п	п	в	в	в	в	в	в	б	б	ц	з	з	с	с	с	с	с	с
Поликарбонатная теплица	в	в	в	в	в	б	б	ц	ц	з	з	с	с	с	с	с	с	с	с
Открытый грунт	п	п	п	в	в	в	в	в	в	б	б	ц	з	з	с	с	с	с	п

Примечание. п – покой, в – начало вегетации, б – начало бутонизации, ц – начало цветения, з – завязь, с – созревание плодов.

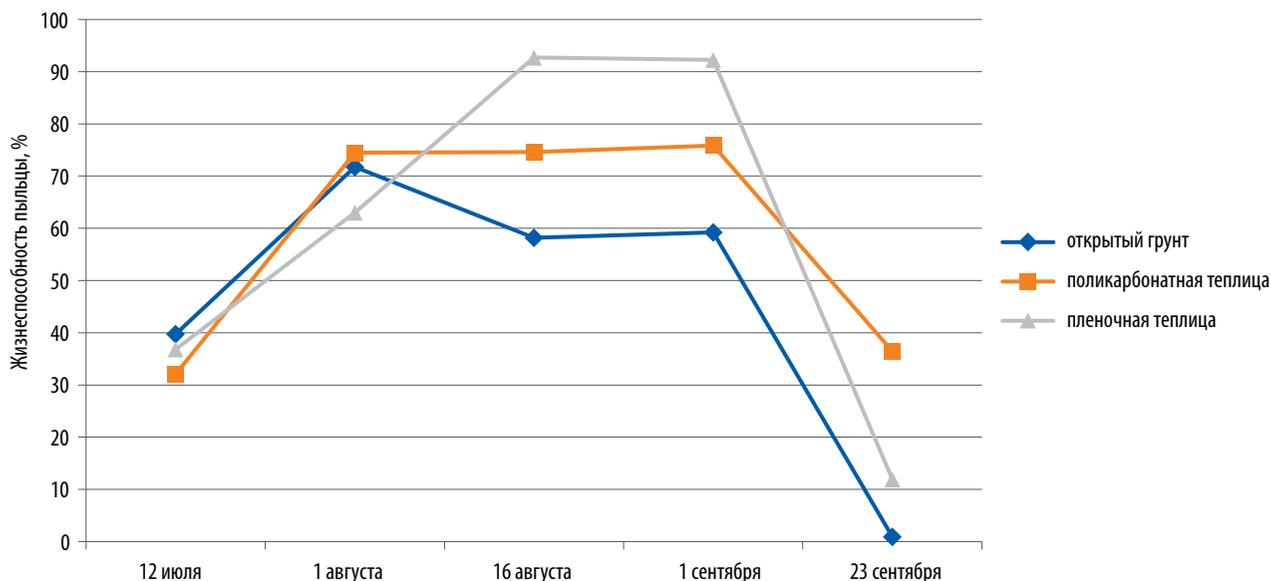


Рис. 4. Жизнеспособность пыльцы малины ремонтантной в разных условиях произрастания, средняя за 2021–2023 годы.

Таблица 2.

Корреляционный анализ между жизнеспособностью пыльцы и температурой и влажностью воздуха, коэффициент корреляции/коэффициент детерминации (R/R²)

Условия выращивания	Температура воздуха, °C			Влажность воздуха, %
	максимальная	минимальная	средняя суточная	
Открытый грунт	0,5086/0,2587	0,7666/0,5876	0,5557/0,3088	-0,4909/0,1528
Поликарбонатная теплица	-0,1577/0,0248	0,1295/0,0167	0,0885/0,0078	-0,34658/0,1201
Пленочная теплица	0,1192/0,1420	0,4492/0,2017	0,0749/0,0056	0,5609/0,3146

В пленочной теплице отмечено положительное воздействие на жизнеспособность пыльцы влажности воздуха ($R=0,56$) на 31% и понижения температуры воздуха в ночное время ($R=0,45$) на 20%. Корреляцию можно оценить как среднюю. Влияние высоких дневных температур слабое ($R=0,12$).

Для исследования были отобраны образцы пыльцы от шести сортов и двух отборных форм. У некоторых генотипов жизнеспособность пыльцы сохраняется независимо от температурных и водных стрессов (рис. 5).

В открытом грунте можно выделить сорт *Оранжевое чудо* и форму 32-151-1 (49,6 и 49,3%) с наибольшим процентом жизнеспособной пыльцы, форму 37-15-4 – с наименьшим (около 31,4%). В закрытом грунте высокий процент жизнеспособной пыльцы был у сортов *Брянское диво* и *Бриллиантовая* (более 70%), в пленочной теплице – *Оранжевое чудо* (49,6%).

По результатам однофакторного дисперсионного анализа установлено достоверное влияние генотипа растения на жизнеспособность пыльцы во всех трех вариантах. Принимается альтернативная гипотеза (1), так как все средние данные отличаются друг от друга. Расчетное значение критерия Фишера превышало табличное. Наименьшая существенная разница для 5%-го уровня значимости ($НСП_{05}$) равна 16,19 для теплицы с пленочным покрытием, 17,49 – с поликарбонатным, 19,20 – для открытого грунта. Коэффициент вариации (CV) – 18,7%, 15,27 и 19,20% соответственно.

Размер плодов малины ремонтантной, в зависимости от условий выращивания, отличается незначительно – 0,1...0,3 см (табл. 4). Масса плодов в теплице с поликарбонатным покрытием выше на 18%, чем у плодов в открытом грунте и на 2,2%, чем в теплице с пленочным покрытием. Получена высокая продуктивность с 1 м², в среднем более 1392 г, что на 58% выше, чем в открытом грунте и 13%, чем в теплице с пленочным покрытием.

Корреляционный анализ показал влияние жизнеспособности пыльцы на качество плодов и продуктивность растений с 1 м². Коэффициент корреляции во всех вариантах стремится к единице и может быть оценен как сильный. По коэффициенту детерминации связь между жизнеспособностью пыльцы и массой плодов 98%, размером плодов – 68%, продуктивностью – 92%

Выводы. В открытом грунте у малины ремонтантной высокая жизнеспособность пыльцы отмечена в период массового цветения (1 августа) – $71,8 \pm 7,86\%$, в теплице с поликарбонатным покрытием с 1 августа по 1 сентября – $74,5 \pm 6,42...75,9 \pm 9,78\%$. Установлено влияние жизнеспособности пыльцы на качество плодов и продуктивность растений с 1 м². Коэффициент корреляции во всех вариантах оценен как сильный. В условиях закрытого грунта высокий процент жизнеспособной пыльцы показали сорта *Брянское диво* и *Бриллиантовая* (более 70%).

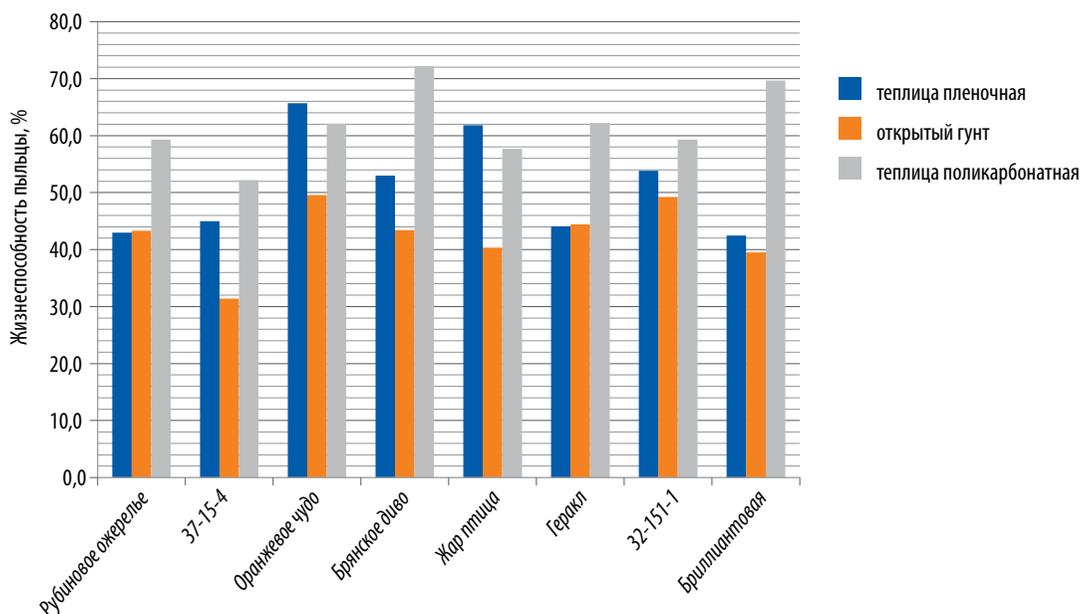


Рис. 5. Средняя жизнеспособность пыльцы разных сортов малины ремонтантной, возделываемой в открытом и закрытом грунте.

Дисперсионный анализ средней жизнеспособности пыльцы разных сортов малины ремонтантной, возделываемой в открытом и закрытом грунте

Таблица 3.

Условия выращивания	Sx (ошибка опыта)	CV (коэффициент вариации)	НСР ₀₅ (наименьшая существенная разница для 5%-го уровня значимости)	F факт (критерий Фишера)	F теор (критерий Фишера)
Пленочная теплица	5,55	18,7	16,19	17,7	7,0
Поликарбонатная теплица	6,01	15,27	17,49	12,1	7,0
Открытый грунт	5,74	19,20	16,74	9,8	7,0

Средние продуктивность и вес плодов малины ремонтантной в закрытом и открытом грунте (2021–2023 годы)

Таблица 4.

Условия выращивания	Средняя масса плодов, г	Средний размер плодов, см	Продуктивность, г/м ²	Средняя жизнеспособность пыльцы, %
Пленочная теплица	5,24±0,72	3,49±0,25	1198,70±212,41	59,3
Поликарбонатная теплица	5,36±1,18	3,65±0,24	1392,22±304,29	46,0
Открытый грунт	4,35±0,75	3,35±0,36	580,41±45,24	58,7
Коэффициент корреляции (R) жизнеспособности пыльцы к показателям продуктивности	0,988934	0,824194	0,963817	–
Коэффициент детерминации (R ²) жизнеспособности пыльцы к показателям продуктивности	0,97799	0,67929	0,92894	–

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Акимов С.В., Викулина А.Н., Деменко В.И. и др. Несезонное производство ягодной продукции малины красной в условиях отапливаемых зимних теплиц. Овощи России. 2019. № 5. С. 58–66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-58-66>
- Васеха В.В., Козловская З.А., Васильева М.Н. и др. Рекомендации по подбору сортов-опылителей для современного сортимента плодовых культур и фундука // Плодоводство. 2016. Т. 28. С. 245–255.
- Гаврилова О.А., Тихонова О.А. Качество пыльцы видов и отдаленных гибридов в семействе grossulariaceae dc //

Agricultural sciences. Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 68–73. <https://s.natural-sciences.ru/pdf/2016/12-1/36263.pdf>

- Горина В.М., Месяц Н.В. Жизнеспособность пыльцы абрикоса. Плодоводство и ягодоводство России. 2017. № 51. С. 13–16. <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/275>
- Грибановская Т.В. Биологические особенности пыльцы некоторых плодовых культур // материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Мичуринск. 2000. Ч. 1. С. 20–25.
- Замбурова Д.С., Шериева С.А., Ситников М.Н. и др. Изучение жизнеспособности пыльцы плодовых культур

- после воздействия сверхнизких температур // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24849>
7. Киселева Е.Н., Раченко М.А., Камышова Л.Е., Раченко А.М. Оценка сортов и форм ремонтантной малины по скороспелости в условиях Предбайкалья / Мат. II межд. науч. – практ. конф. «геномика и современные биотехнологии в размножении, селекции и сохранении растений». 2021. С. 187–188. <https://elibrary.ru/item.asp?id=47461819>
 8. Киселева Е.Н., Раченко М.А., Раченко А.М. Оценка перспективы возделывания ремонтантной малины в закрытом грунте в условиях Южного Прибайкалья / Мат. межд. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения докт. с-х наук, профессора В.И. Солодуна / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А.А. Ежевского; Молодёжный: Изд-во Иркутский ГАУ. 2022. С. 115–125. <https://irsau.ru/structure/science/materialy/10-202022.pdf>
 9. Маракаева Т.В., Казыдуб Н.Г. Определение жизнеспособности пыльцы фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) в разное время суток в условиях южной лесостепи Западной Сибири // *Advances in current natural sciences*. № 6. 2016. С. 96–99. <https://s.natural-sciences.ru/pdf/2016/6/35973.pdf>
 10. Цаценко Л.В., Керимов Р.В. Пыльца растений и ее характеристики в условиях меняющегося климата // Научный журнал КубГАУ. 2023. № 186(02). С. 1–15. <http://ej.kubagro.ru/2023/02/pdf/18.pdf>
 11. Яндовка Л.Ф., Деева Л.А. Биологические особенности пыльцы некоторых представителей родов *Malus*, *Cerasus*, *Pyrus* и *Sorbus* в связи с УФ облучением // Вестник российских университетов. Математика. Вестник ТГУ. 2004. Т. 9. С. 35–39. <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-osobennosti-pylttsy-nekotoryh-predstaviteley-rodov-malus-cerasus-pyrus-i-sorbus-v-svyazi-s-uf-oblucheniem>
 12. Яндовка Л.Ф. Фертильность пыльцы у видов *Cerasus* и *Microcerasus* (*Rosaceae*) // Аграрный вестник Урала. 2010. № 6 (72). С. 58–61. <https://cyberleninka.ru/article/n/fertilnost-pylttsy-u-vidov-cerasus-i-microcerasus-rosaceae/viewer>
 13. Åsa Lankinen, Sandra A M Lindström, Tina D'Hertefeldt Variable pollen viability and effects of pollen load size on components of seed set in cultivars and feral populations of oilseed rape // *PLoS One*. 2018. № 13(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204407>
 14. Asilbeyova T.M., Gavriloval Olga. Pollen morphology of the genus *Rubus* L. (*Rosaceae*) from Azerbaijan. 2019. https://www.researchgate.net/publication/339398504_Pollen_morphology_of_the_genus_Rubus_L_Rosaceae_from_Azerbaijan
 15. Asilbeyova T., Gavriloval O., Krasovskaya L. Pozhidaev A. Palynomorphological study of Azerbaijanian *Rubus* species in comparison with the morphology of pollen of the whole genus. 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3574701/v1>
 16. Chen L.Y., Xiao X., Xiao J. Flower and reproductive characteristics of different large-flowered taxa of *Epimedium*. *J. Plant Res.* 2019. № 39. PP. 808–816. <https://doi.org/10.7525/j.issn.1673-5102.2019.06.002>
 17. Gavriloval O.A., Tikchonova O.A. Apertural pollen types in the *Grossulariaceae* family // *Abstr.6 th Balkan Botanical Congress: Book of abstracts – Rijeka. Croatia.* 2015. PP. 25.
 18. Lankinen Å. In vitro pollen competitive ability in *Viola tricolor*: temperature and pollen donor effects // *Oecologia*. 2001. № 128. PP. 492–498. <https://doi.org/10.1007/s004420100681>
- REFERENCES**
1. Akimova S.V., Vikulina A.N., Demenko V.I. i dr. Nesezonnoe proizvodstvo yagodnoj produkcii maliny krasnoj v usloviyah otaplivaemyh zimnih teplic. *Ovoshchi Rossii*. 2019. № 5. S. 58–66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-5-58-66>
 2. Vasekha V.V., Kozlovskaya Z.A., Vasil'eva M.N. i dr. Rekomendacii po podboru sortov-opylitelej dlya sovremennogo sortimenta plodovyh kul'tur i funduka // *Plodovodstvo*. 2016. T. 28. S. 245–255.
 3. Gavriloval O.A., Tihonova O.A. Kachestvo pyl'cy vidov i ot-dalennyh gibridov v semejstve grossulariaceae dc // *Agricultural sciences. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016. № 12. S. 68–73. <https://s.natural-sciences.ru/pdf/2016/12-1/36263.pdf>
 4. Gorina V.M., Mesyac N.V. Zhiznesposobnost' pyl'cy abrikosa. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2017. № 51. S. 13–16. <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/275>
 5. Gribovskaya T.V. Biologicheskie osobennosti pyl'cy nekotoryh plodovyh kul'tur // *materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh. Michurinsk*. 2000. Ch. 1. S. 20–25.
 6. Zamburova D.S., Sherieva S.A., Sitnikov M.N. i dr. Izuchenie zhiznesposobnosti pyl'cy plodovyh kul'tur posle vozdejstviya sverhnizkih temperatur // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2016. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24849>
 7. Kiseleva E.N., Rachenko M.A., Kamyshova L.E., Rachenko A.M. Ocenka sortov i form remontantnoj maliny po skorospe-losti v usloviyah Predbajkal'ya / *Mat. II mezhd. nauch. – prakt. konf. «genomika i sovremennye biotekhnologii v razmnozhenii, selekcii i sohranении растений»*. 2021. S. 187–188. <https://elibrary.ru/item.asp?id=47461819>
 8. Kiseleva E.N., Rachenko M.A., Rachenko A.M. Ocenka perspektivy vozdelvaniya remontantnoj maliny v zakrytom grunte v usloviyah Yuzhnogo Pribajkal'ya / *Mat. mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 70-letiyu so dnya rozhdeniya dokt. s-h nauk, professora V.I. Soloduna / Irkut. gos. agrar. un-t im. A.A. Ezhevskogo; Molodëzhnyj: Izd-vo Irkutskij GAU*. 2022. S. 115–125. <https://irsau.ru/structure/science/materialy/10-202022.pdf>
 9. Marakaeva T.V., Kazydub N.G. Opredelenie zhiznesposobnosti pyl'cy fasoli obyknovnoy (*Rhaseolus vulgaris*) v raznoe vremya sutok v usloviyah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // *Advances in current natural sciences*. № 6. 2016. S. 96–99. <https://s.natural-sciences.ru/pdf/2016/6/35973.pdf>
 10. Cacenko L.V., Kerimov R.V. Pyl'ca rastenij i ee harakteristiki v usloviyah menyayushchegosya klimata // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. 2023. № 186(02). S. 1–15. <http://ej.kubagro.ru/2023/02/pdf/18.pdf>
 11. Yandovka L.F., Deeva L.A. Biologicheskie osobennosti pyl'cy nekotoryh predstaviteley rodov *Malus*, *Cerasus*, *Pyrus* i *Sorbus* v svyazi s UF oblucheniem // *Vestnik Rossijskijh universitetov. Matematika. Vestnik TGU*. 2004. T. 9. S. 35–39. <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-osobennosti-pylttsy-nekotoryh-predstaviteley-rodov-malus-cerasus-pyrus-i-sorbus-v-svyazi-s-uf-oblucheniem>
 12. Yandovka L.F. Fertil'nost' pyl'cy u vidov *Serasus* i *Microcerasus* (*Rosaceae*) // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2010. № 6 (72). S. 58–61. <https://cyberleninka.ru/article/n/fertilnost-pylttsy-u-vidov-cerasus-i-microcerasus-rosaceae/viewer>
 13. Åsa Lankinen, Sandra A M Lindström, Tina D'Hertefeldt Variable pollen viability and effects of pollen load size on components of seed set in cultivars and feral populations of oilseed rape // *PLoS One*. 2018. № 13(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204407>

14. Asilbeyova T.M., Gavrilova Olga. Pollen morphology of the genus *Rubus* L. (Rosaceae) from Azerbaijan. 2019. https://www.researchgate.net/publication/339398504_Pollen_morphology_of_the_genus_Rubus_L_Rosaceae_from_Azerbaijan
15. Asilbeyova T., Gavrilova O., Krasovskaya L. Pozhidaev A. Palynomorphological study of Azerbaijani *Rubus* species in comparison with the morphology of pollen of the whole genus. 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3574701/v1>
16. Chen L.Y., Xiao X., Xiao J. Flower and reproductive characteristics of different large-flowered taxa of *Epimedium*. *J. Plant Res.* 2019. № 39. PP. 808–816. <https://doi.org/10.7525/j.issn.1673-5102.2019.06.002>
17. Gavrilova O.A., Tikhonova O.A. Apertural pollen types in the Grossulariaceae family // *Abstr. 6 th Balkan Botanical Congress: Book of abstracts – Rijeka. Croatia. 2015. PP. 25.*
18. Lankinen Å. In vitro pollen competitive ability in *Viola tricolor*: temperature and pollen donor effects // *Oecologia.* 2001. № 128. PP. 492–498. <https://doi.org/10.1007/s004420100681>

Поступила в редакцию 10.03.2025

Принята к публикации 24.03.2025

УДК 631.445.52

DOI: 10.31857/S2500208225020101, EDN: HUVMGZ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ ПРИБРЕЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Марина Ильясовна Джалалова, кандидат биологических наук

Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: d.marina.66@mail.ru

Аннотация. Процессы сукцессии идут непрерывно на всей планете. Изменения происходят во всех экосистемах естественным или искусственным путем. В зависимости от причин, вызвавших смену биоценоза, сукцессии подразделяют на природные и антропогенные. Для прибрежной растительности характерны экологические сукцессии, представляющие собой последовательную смену биоценозов на одной и той же территории под воздействием различных факторов. Приморские равнины Прикаспия – наиболее молодые участки суши, растительный покров которых еще не сформировался и находится на разных стадиях сукцессионного развития. На флору и растительность регионов повлияли трансгрессивные и регрессивные этапы истории Каспийского моря. Береговая линия постоянно менялась под действием природных и антропогенных факторов. В 1996 году произошло изменение водного баланса моря, которое привело к снижению его на 26,96 м. В настоящее время Каспийское море находится в регрессивной фазе. Возникает задача определения дальнейшего развития динамических изменений прибрежной растительности. В статье представлены результаты наблюдений за динамикой растительности на стационарных трансектах, расположенных на ключевых площадках, отличающихся по степени обводненности. С помощью кластерного анализа выделено три экотона растительных сообществ. Прибрежная полоса Каспийского моря Республики Дагестан рассмотрена как модель, изучение которой позволяет проследить экологические сукцессии растительности, связанные с изменениями уровня воды.

Ключевые слова: Республика Дагестан, сукцессии, экотопы, растительность, динамика

ECOLOGICAL SUCCESSIONS OF COASTAL VEGETATION IN THE CASPIAN SEA LEVEL MODERN DYNAMICS CONDITIONS

M.I. Dzhalalova, PhD in Biological Sciences

Pricaspian Institute of Biological Resources of Dagestan Scientific Center RAS, Mahachkala, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: d.marina.66@mail.ru

Abstract. Succession processes occur continuously throughout the planet. Changes occur in all ecosystems, either naturally or artificially. Depending on the reasons that caused the change in biocenosis, successions are divided into natural and anthropogenic. Coastal vegetation is characterized by ecological successions, which represent a successive change of biocenoses in the same territory under the influence of both natural and anthropogenic factors. The coastal plains of the Caspian region are the youngest land areas, the vegetation cover of which has not yet formed and is at different stages of successional development. The flora and vegetation of the regions were significantly influenced by the transgressive and regressive stages of the history of the Caspian Sea. The coastline was constantly changing under the influence of natural and, nowadays, anthropogenic factors. In 1996, a change in the water balance of the sea occurred, which led to a decrease in the level of the Caspian Sea to approximately –26.96 m. In 2000, the sea level dropped by about 30 cm, and by 2002 it had stabilized and was at about –27 m. Since 2006, the decline in the level of the Caspian Sea began and by 2022 it had reached a critical level of –28.7 m. At the present stage, the Caspian Sea is in a regressive phase. The task arises of determining the further development of dynamic changes in coastal vegetation. The results of observations of the dynamics of vegetation on stationary transects located at key sites differing in the degree of water flow are presented. Using cluster analysis, 3 ecotopes of plant communities were identified. The coastal strip of the Caspian Sea of the Republic of Dagestan is, as it were, a “model”, the study of which allows us to trace the ecological succession of vegetation associated with changes in water levels.

Keywords: Republic of Dagestan, succession, ecotopes, vegetation, dynamics

Исследуемая часть Терско-Кумской низменности расположена на севере Республики Дагестан, в пределах Континентальной области и Северо-Кавказско-Азиатского района. Это самая жаркая и сухая часть Азиатского климатического района.

В зависимости от трансгрессивно-регрессивной деятельности Каспийского моря при периодическом затоплении и осушении территории в прибрежной полосе формируется особый растительный ряд. [2] Из-за нестабильности климатических условий актуально изучение вопросов изменений в экосистемах. [6]

Цель работы – рассмотреть экологические сукцессии прибрежной растительности в условиях современной динамики уровня Каспийского моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы положены результаты многолетнего изучения побережья Каспийского моря в пределах Терско-Кумской низменности. Первичным материалом для составления классификации служили бланки геоботанических описаний. Прибрежная полоса – динамичная система, изменяющая свое положение и размеры в зависимости от уровня моря. Для ее исследования предложены три экотопа из модифицированной системы по А.Н. Красновой: периодически заливаемые прибрежья с солоновато-илистыми грунтами с переменным уровнем; вышедшие после спада воды прибрежья с солоновато-илистыми грунтами; прибойная литораль. [4] Трансекты размещены на трех ключевых участках в пределах юго-западного сектора Прикаспийской низменности с абсолютными отметками высот от 22 до 28 м ниже уровня Мирового океана.

Геоботанические описания осуществляли сезонно (весна, лето, осень). Обилие растений определяли по величине проективного покрытия, выраженного в процентах. Для учета надземной фитомассы использовали общепринятый метод учетных площадок (1 м²), расположенных по линейной трансекте в десятикратной повторности. Названия видов растений даны по С.К. Черепанову. [9]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее прибрежную полосу в пределах Республики Дагестан рассматривали при изучении почвенно-растительного покрова в условиях динамики уровня Каспийского моря. [7, 8, 10] Его изменение – один из главных факторов, влияющих на сукцессии прибрежной растительности. [3] Основная причина – изменчивость климатообразующих факторов. Период трансгрессий Каспийского моря характеризуется затоплением и подтоплением значительных участков побережья. [1, 5, 11]

Комплексность растительного и почвенного покрова – особенность Прикаспийской низменности, присущая всем рассматриваемым районам. Основные почвы (лугово-каштановые, солонцовые и светло-каштановые) с характерными растительными сообществами представлены в таблице.

Затопление прибрежной территории и отступление воды позволяют проследить за изменениями, происходящими в смене растительности.

Периодически заливаемые территории прибрежья характеризуются песчаными и песчано-заиленными почвогрунтами с преобладанием гидрофильных растений. Характерные виды: *Salvinia natans* (L.) All., *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) O. Kuntze, *Nelumbo caspica* (DC.) Fisch., *Pistia stratiotes* L., *Ruppia maritima* L., *Caulinia graminea* (Delile) Tzvel., *C. minor* (All.) Coss. & Germ., *Naias major* All., *N. marina* L., *Lemna trisulca* L., *L. minor* L., *L. gibba* L., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid., *Potamogeton pectinatus* L., *P. crispus* L., *P. gramineus* L., *P. lucens* L., *P. natans* L., *P. perfoliatus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *M. verticillatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *C. tanaiticum* Sapeg., *C. submersum* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Nymphaea alba* L., *N. candida* J. Presl, *Trapa astrachanica* (Fler.) N. Wint., *T. caspica* V. Vassil., *Elodea canadensis* Michx., *Zannichellia palustris* L.

Вышедшие после спада воды почвы представлены засоленными лугово-болотными почвогрунтами с преобладанием галофитных растений: *Alisma gramineum* Lej., *Scirpus tabernaemontani* C.C. Gmel., *S. lacustris* L., *Butomus umbellatus* L., *Sparganium erectum* L., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *B. planiculmis* (Fr. Schidt) Egor., *B. popovii* Egor., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Puccinellia gigantea* (Grossh.) Grossh., *Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl., *Typha angustifolia* L., *T. caspica* Pobed., *T. laxmanii* Lepech., *T. australis* Schum. & Thonn, *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb., *Plantago media* L. и некоторыми солянками – *Salicornia europaea* L., *Suaeda prostrata* Pall., *Salsola soda* L., *Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) C.A. Mey.

Прибойная литораль состоит из светло-каштановых слабосолонцеватых супесчаных почвогрунтов с характерными лугово-болотными растениями: *Poa bulbosa* L., *P. palustris* L., *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach, *Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Criopsis aculeate* (L.) Ait., *C. schoenoides* (L.) Lam., *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc., *T. vulgare* Ness (*Aster tripolium* L.), *Filago arvensis* L., *Polygonum pseudoarenarium* Klok., *Rumex maritimus* L., *Limonium meyeri* (Boiss.) Kuntze., *L. gmelinii* (Willd.) O.Kunze, *L. capsicum* (Willd.) Gams, *L. suffruticosum* (L.) O. Kunze, *Agropyron pectiniforme* Roem. et Schult., *Juncus gerardii* Loisel., *Salicornia europaea*, *Halocnemum strobilaceum*, *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Tamarix hohenackeri* Bunge, *T. laxa* Willd., *T. ramosissima*

Почвы и растительные сообщества

Геоэкологическая зона	Гидрогеоморфологическое положение	Почвы	Сообщество	Общее проективное покрытие, %
периодически заливаемые прибрежья	прибрежная часть морского мелководья (0...1,5 м)	песчаные и песчано-заиленные	лугово-солянковые	60...70
вышедшие после спада воды прибрежья	резкая граница суша-море	засоленные и лугово-болотные	однолетне-солянковые	50...60
прибойная литораль	косвенная зона контакта	светло-каштановые слабосолонцеватые и супесчаные	полюнно-злаковые	40...50

Ledeb., *Petrosimonia brachiata* (Pall.) Bunge, *Petrosimonia oppositifolia*, *Suaeda acuminata* (C.A. Mey.) Moq., *S. altissima* (L.) Pall., *S. salsa* (L.) Pall., *Frankenia hirsuta* L., *F. pulverulenta* L., *Halimione verrucifera* (Bieb.) Aell., *Halimione pedunculata* (L.) Aell., *Artemisia santonica* L.

Развитие растительности на обнаженном дне моря и прилегающих к нему территориях двигалось в направлении последовательных превращений: стадию солончаков с группировками однолетних солянок сменили сначала галофитные, а затем гликофитные луга. Отличительная черта этой сукцессии – формирование пустынного зонального типа растительности (пояс тростника → однолетние маревые → солончаковый луг).

В зависимости от температурного и гидрологического режимов в экотопах происходят изменения почвогрунтового увлажнения и перераспределение залегания поверхностных и грунтовых вод. Развиваются сукцессии в северо-западной части Прикаспия с постепенным переходом к автоморфному водному режиму.

Таким образом, в прибрежной полосе Каспийского моря сукцессионные процессы хорошо адаптированы к периодическим трансгрессивным и регрессивным ритмам Каспия.

При регрессии уровня Каспия смена растительности идет в направлении освоения освободившейся от моря суши, при повышении, наоборот, ряды растительных сообществ продвигаются вглубь суши.

Использованная концепция дифференциации на сообщества дает более четкое представление об экологических сукцессиях при ландшафтно-географическом подходе в условиях нестабильности уровня Каспийского моря. Выделенные экотопы отражают реальную картину экологической разнокачественности, они автономны, представляют благоприятную арену жизни для видообразования.

Особое положение занимает прибойная литораль, подверженная сезонным перепадам уровня Каспия. В 90-х годах прошлого века растительный покров состоял в основном из *Alhagi pseudoalhagi*, *Polygonum aviculare*, *Aeluropus littoralis*, *Agropyron repense*, *A. desertorum*. С понижением грунтовых вод к 2023 году из травостоя выпала *Alhagi pseudoalhagi*, сократилось участие *Aeluropus littoralis*. Основной фон – полынь и злаковые.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Голицын Г.С. Подъем уровня Каспийского моря как задача диагноза и прогноза региональных изменений климата // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1995. Т. 31. № 3. С. 385–391.
- Джалалова М.И. Формирование прибрежного растительного экотона в условиях нестабильного уровня Каспийского моря // Аридные экосистемы. 2009. № 4. Т. 17. С. 70–75.
- Димеева Л.А. Первичные сукцессии приморских равнин Приаралья и Прикаспия // Развитие геоботаники: история и современность: мат. Всерос. конф. СПб., 2011. С. 40.
- Краснова А.Н. Структура гидрофильной флоры техногенно-трансформированных водоемов Северо-Двинской водной системы. Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 1999. 200 с.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 3 (60). С. 14–32.
- Кузьмина Ж.В. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки. Экосистемы: экология и динамика, 2017. Т. 1. № 1. С. 10–25.
- Свиточ А.А., Кулешова Л.В. Геоэкологическая зональность на участках затопления российского побережья Каспийского моря // Доклады РАН. 1994. Т. 339. № 1. С. 77–79.
- Сулейманова (Джалалова) М.И. Структура и динамика растительного покрова прибрежных ландшафтов Терско-Кумской низменности в условиях нестабильного уровня Каспия: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2001. 25 с.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Юсуфов С.К. Изменения в береговой зоне Каспийского моря на примере биоиндикаторов// Геология и минерально-сырьевые ресурсы Южного федерального округа. Махачкала, 2006. С. 182–183.
- Climate Change. The Physical Science Basis // Working Group i Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner et al. Cambridge University Press, 32 Avenue of the Americas, New York, 2013. 10013-2473, USA. 1535 p. <http://www.climatechange2013.org>.

REFERENCES

- Golicyn G.S. Pod'em urovnya Kaspijskogo morya kak zadacha diagnoza i prognoza regional'nyh izmenenij klimata // Izv. RAN. Fizika atmosfery i okeana. 1995. T. 31. № 3. S. 385–391.
- Dzhalalova M.I. Formirovanie pribrezhnogo rastitel'nogo ekotona v usloviyah nestabil'nogo urovnya Kaspijskogo morya // Aridnye ekosistemy. 2009. № 4. T. 17. S. 70–75.
- Dimeeva L.A. Pervichnye sukcesii primorskih ravnin Priaral'ya i Prikaspiya // Razvitie geobotaniki: istoriya i sovremennost': mat. Vseros. konf. SPb., 2011. S. 40.
- Krasnova A.N. Struktura gidrofil'noj flory tekhnogenno-transformirovannyh vodoemov Severo-Dvinskoj vodnoj sistemy. Rybinsk: OAO «Rybinskij Dom pečhati», 1999. 200 s.
- Kuz'mina Zh.V., Treshkin S.E. Klimaticheskie izmeneniya v bassejne Nizhnej Volgi i ih vliyanie na sostoyanie ekosistem // Aridnye ekosistemy. 2014. T. 20. № 3 (60). S. 14–32.
- Kuz'mina Zh.V. Dinamicheskie izmeneniya ekosistem i voprosy ih ocenki. Ekosistemy: ekologiya i dinamika, 2017. T. 1. № 1. S. 10–25.
- Svitoch A.A., Kuleshova L.V. Geoekologicheskaya zonal'nost' na uchastkah zatopleniya rossijskogo poberezh'ya Kaspijskogo morya // Doklady RAN. 1994. T. 339. № 1. S. 77–79.
- Sulejmanova (Dzhalalova) M.I. Struktura i dinamika rastitel'nogo pokrova pribrezhnyh landshaftov Tersko-Kumskoj nizmennosti v usloviyah nestabil'nogo urovnya Kaspiya: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M.: MGU, 2001. 25 s.
- Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv (v predelah byvshego SSSR). SPb: Mir i sem'ya, 1995. 992 s.
- Yusufov S.K. Izmeneniya v beregovoj zone Kaspijskogo morya na primere bioindikatorov// Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Yuzhnogo federal'nogo okruga. Mahachkala, 2006. S. 182–183.
- Climate Change. The Physical Science Basis // Working Group i Contribution to the fifth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner et al. Cambridge University Press, 32 Avenue of the Americas, New York, 2013. 10013-2473, USA. 1535 p. <http://www.climatechange2013.org>.

Поступила в редакцию 03.07.2024
Принята к публикации 17.07.2024

ФИЗИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ВЫПАДОВ ДЕРЕВЬЕВ ЯБЛОНИ ПРИ НАЛИЧИИ ЗАМКНУТЫХ ПОНИЖЕНИЙ*

Григорий Николаевич Пугачев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Вячеслав Леонидович Захаров², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Сергей Юрьевич Шубкин², кандидат технических наук, доцент

Сергей Сергеевич Бунеев², кандидат физико-математических наук, доцент

¹ФГБНУ «ФНЦ имени И.В. Мичурина», г. Мичуринск, Тамбовская обл., Россия

²ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», г. Елец, Липецкая обл., Россия

E-mail: zaxarov7979@mail.ru

Аннотация. Стационарные полевые опыты выполнены на территории ООО «Сады Мичурина» Мичуринского района Тамбовской области в производственных насаждениях яблони (сорт Лигол, подвой 54-118, год посадки 2018, схема — 5×2,4 м, система содержания почвы — черный пар). Новизна исследований заключается в необходимости изучения влияния постоянно меняющихся климатических условий, порой имеющих резко негативные последствия. В 2020 году в интенсивных насаждениях ООО «Сады Мичурина» произошла полная гибель деревьев яблони 2018 года посадки на площади около трех соток. Насаждения находились в замкнутых неглубоких понижениях, которые не всегда бывают причиной полной гибели деревьев. При наличии дренажа в виде водопроницаемой подстилающей материнской породы и иллювиального горизонта отрицательные формы рельефа могут быть садопригодны. Поэтому мы детально изучили морфологические и водно-физические свойства почвы для выявления наиболее существенного фактора, влияющего на гибель деревьев. Результаты позволяют рекомендовать при оценке садопригодности почвы исследование особенностей гумусового и иллювиального горизонтов отрицательных форм рельефа по комплексу водно-физических и морфологических признаков. В замкнутых понижениях основные признаки непригодной почвы — маломощный гумусовый горизонт, тяжелосуглинистый гранулометрический состав, высокая плотность иллювиального горизонта.

Ключевые слова: интенсивные сады яблони, отрицательные формы рельефа, тип почвы, морфология почвы, физические свойства почвы

PHYSICO-MORPHOLOGICAL CAUSES OF APPLE TREE FALLS IN CASE OF CLOSED DECLINES

G.N. Pugachev¹, *PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher*

V.L. Zakharov², *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

S.Yu. Shubkin², *PhD in Agricultural Engineering Sciences, Associate Professor*

S.S. Buneev², *PhD in Physico-mathematical Sciences, Associate Professor*

¹Federal Scientific Center named after I.V. Michurin, Michurinsk, Tambov region, Russia

²Bunin Yelets State University, Yelets, Lipetsk region, Russia

E-mail: zaxarov7979@mail.ru

Abstract. Stationary field experiments to study the influence of negative landforms were carried out on the territory of Michurin Gardens LLC Michurinsky district of the Tambov region in industrial apple plantations (Ligol variety, rootstock 54-118, planting year 2018, planting scheme 5×2.4 m, black steam soil maintenance system). The novelty of the research lies in the need to study the influence of constantly changing climatic conditions, sometimes with sharply negative consequences. So, in 2020, in the intensive plantations of Michurin Gardens LLC, there was a complete death of apple trees in 2018, planting on an area of about 3 acres. The plantings were located in closed shallow depressions, which are not always the cause of complete death of trees. Moreover, in the presence of drainage in the form of a permeable underlying parent rock and an illuvial horizon, negative landforms may be quite suitable for gardening. Therefore, we conducted a detailed study of the morphological and water-physical properties of the soil to identify the most significant factor affecting the death of trees. The results of the conducted research allow us to recommend a detailed study of the features of the humus and illuvial horizons of negative landforms according to a complex of water-physical and morphological features when assessing the soil's horticultural suitability. In closed depressions, the main signs of unsuitable soil are a low-power humus horizon, a heavy loamy granulometric composition, and a high density of the illuvial horizon.

Keywords: intensive apple orchards, negative landforms, soil type, soil morphology, physical properties of the soil

Суперинтенсивное садоводство и капельное орошение создают эффективную систему производства фруктов, которая позволяет получить высокий урожай с меньшей площади и минимальными затратами. [15] На агросерых лесных почвах Орловской области при наличии на глубине 60 см и более лессовидного глинистого слоя можно обходиться без капельного по-

лива не только при закладке среднерослых садов по схеме 6×3, но и суперинтенсивного колонновидного сада — 4×0,35 м. [1] Капельное орошение в интенсивных садах позволяет увеличить плотность посадки деревьев и повысить урожайность плодов с 1 га. [2] Наличие даже незначительных замкнутых понижений (блюдца) при орошении, наряду со средним ГТК и за-

* Исследование выполнено по гранту Российского научного фонда № 25-26-00232, <https://rscf.ru/project/25-26-00232/> The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-26-00232, https://rscf.ru/project/25-26-00232.

леганием в почве водоупорных слоев глины, вызывает локальный гидроморфизм. В лугово-черноземных почвах севера Тамбовской области на среднесуглинистых аллювиальных отложениях высоких надпойменных террас наиболее благоприятные условия для плодовых культур складываются при хорошем дренаже и отсутствии оглеения в 1,5 м слое почвы. [7] Под влиянием фертигации в плодовых садах происходит подкисление почвы, перестройка минеральной массы и изменение состава органического вещества в результате деградации типичных черноземных почв Тамбовской равнины в черноземоподобно-подзолистые. [8] Почвенные клещи плохо переносят переувлажненную почву, а нематоды, наоборот, активизировались при влажности 80...120% в задерненных междурядях. [4] На лессовом плато Северного Китая в 2016–2017 годах установлено, что при недостаточном увлажнении почвы образуются более сладкие плоды чем при переувлажнении. [18] Сильная почвенная засуха приводит к дефициту калия, марганца, азота и железа в листьях яблони, а регулярное переувлажнение почвы – к нехватке азота и железа, но уровень фосфора, марганца и бора увеличивается. [17]

Геоморфологическое строение земной поверхности исключает формирование идеально ровных агроландшафтов. Небольшие замкнутые понижения или микроблюдца могут провоцировать частичные или полные выпадения плодовых деревьев. Для совершенствования методики садопригодности почвы необходима прогнозная оценка влияния отрицательных форм рельефа на рост и плодоношение яблони, зависящая от комплекса водно-физических и морфологических свойств почвы. К негативным последствиям приводят ложбины с водоупорным горизонтом, на фоне почвенной агротехники в интенсивных садах. [5, 6, 10] М.В. Придорогиным отмечена роль обработки почвы в саду яблони тяжелой дисковой бороной вместо вспашки. Указаны факты негативных последствий для яблонь и почв от изменений рельефа на садовых участках при рыхлении междурядий БДСТ-2,5а. Выявлены эти особенности в связи с появлением почвенных гряд в садах на двух категориях склонов: очень пологие (от 0,2...0,5 до 0,8...1,0) и пологие (от 1,1...1,2 до 2,5...2,8). Отмечено положительное влияние проведения дополнительных рыхлений почвы для разравнивания гряд и недопущения ими агрогенных изменений рельефа садовых участков после обработки БДСТ-2,5а. [11]

Наиболее полно в современной литературе вопрос зависимости развития яблони от рельефа освещен в трудах М.В. Придорогина и Н.М. Круглова. [3, 9, 12] В

условиях изменяющегося климата требуется постоянно наблюдать за почвенными показателями. При значительном промерзании почвы и недостаточном снежном покрове во время весеннего половодья даже необширные замкнутые понижения способствуют возникновению локального переувлажнения.

Цель работы – выявить причины гибели деревьев яблони в микроросах интенсивного сада.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Стационарные полевые опыты для изучения влияния почвенных условий на рост и плодоношение яблони выполнены в производственных насаждениях ООО «Сады Мичурина» Мичуринского района Тамбовской области в 2018–2025 годах (сорт *Лигол*, подвой 54-118, год посадки 2018, схема – 5×2,4 м, система содержания почвы – черный пар) (рис. 1). Почва – поверхностно-глеевая оподзоленная укороченной мощности гумусового горизонта (менее 40 см). Морфологический анализ почвы проводили по А.О. Рагимову. [13] Плотность почвы определяли методом режущих цилиндров, плотность твердой фазы – пикнометрическим, агрегатный анализ – методом Н.И. Савинова. [14] В соответствии с рассчитанным коэффициентом структурности (Кст) оценивали агрегатное состояние почв. [16]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследование состояния растений яблони в производственных насаждениях ООО «Сады Мичурина» показало, что отрицательные формы рельефа приводят к значительным выпадениям деревьев и снижению урожая.

Морфологические признаки изучаемой почвы характеризуют ее как черноземовидную поверхностно-глеевую оподзоленную (рис. 2, табл. 1). Участки квартала № 18 ООО «Сады Мичурина», имеющие отрицательные формы рельефа, способствовали 100% появлению выпадов на территории закрытой ложбины площадью около трех соток.

Столбчатая структура анализируемой почвы не помогает лучшему просачиванию лишней воды в глубокие горизонты, так как трещины полностью заполнены частицами расположенных выше слоев (рис. 3).

Кутаны, выраженные в значительной степени, полностью покрывают структурные отдельности. При наличии закрытых ложбин и маломощного гумусового горизонта дерева выпадают (рис. 4).

Таблица 1.

Морфологические признаки черноземовидной поверхностно-глеевой оподзоленной почвы производственных насаждений яблони ООО «Сады Мичурина»

Горизонт	Слой, см	Мощность, см	Характеристика
A _{max}	0...15	15 ± 3	рыхлый, серый, сухой, мелкокомковато-пылеватый, тяжелосуглинистый
A ₁	15...22	7 ± 1	темно-серый, плотный, свежий, комковатый, тяжелосуглинистый, корни яблони, граница волнистая, переход заметный
A ₁ A ₂	22...40	18 ± 4	окраска неоднородная, на буром фоне белые пятна SiO ₂ , гумусовые пятна, очень плотный, тяжелосуглинистый, свежий, корни растений, граница затечная, переход постепенный
A ₂ B ₁	40...60	20 ± 4	незначительные белые потеки на буром фоне, гумусовые потеки по ходам корней, очень плотный, свежий, структура ореховато-призматическая, а также столбчатая
B ₂ g	60...120	60 ± 8	влажный, бурый, с черными вкраплениями гумусовых затеков, кротовины, кутаны, тяжелосуглинистый, очень плотный, призматично-столбчатая структура, кротовины



Рис. 1. Ложбины квартала № 18 ООО «Сады Мичурина».



Рис. 2. Профиль черноземовидной поверхностно-глеевой оподзоленной почвы.



Рис. 3. Белые пятна SiO_2 горизонта A_1A_2 .



Рис. 4. Кутаны полностью окрашенные гумусом.

Таблица 2.

Плотность и общая пористость почвы

Вариант (горизонт, почва, выпад)	Плотность, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	Оценка пористости
A*, Чл,п-г**, полные выпад	1,13	2,47	54,16	наилучшая
B*, Чл,п-г**, полные выпад	1,47	2,47	40,37	удовлетворительная
НСР ₀₅	0,1	0,3	8,0	

Примечание. * А – гумусовый горизонт, В – иллювиальный; ** поверхностно-глеевая оподзоленная почва укороченной мощности гумусового горизонта (менее 40 см). То же в табл. 3.

Таблица 3.

Содержание агрономически ценных агрегатов, пылевидной и глыбистой фракции почвы, %

Вариант (горизонт, почва, выпад)	Фракция, мм		
	пылевидная	агрономически ценная	глыбистая
	< 0,25	0,25...10,0	> 10,0
A*, Чл,п-г**, полные выпад	6,36	48,88	44,76
B*, Чл,п-г**, полные выпад	0,61	41,83	57,56
НСР ₀₅	1,0	4,0	5,1

Таблица 4.

Агрегатное, структурное состояние и водопрочность поверхностно-глеевой оподзоленной почвы

Показатель	Горизонт	Значение	Характеристика
Кст. (агрегатное состояние)	А (гумусовый)	0,96	хорошее
	В (иллювиальный)	0,72	хорошее
Структурное состояние	А (гумусовый)	48,9%	удовлетворительное
	В (иллювиальный)	41,8%	удовлетворительное
Водопрочность	А (гумусовый)	38,1%	удовлетворительная
	В (иллювиальный)	38,1%	удовлетворительная

Показатели гумусового горизонта почвы имеют благоприятные значения для яблони (табл. 2). У иллювиального горизонта чрезмерно высокая плотность (почти 1,5 г/см³), что на фоне тяжелосуглинистого гранулометрического состава создает значительный водупор, способствующий локальному переувлажнению почвы. Усугубляет ситуацию «укороченная» мощность гумусового горизонта.

Процент агрономически ценной фракции несколько уступает оптимальным для черноземных почв показателям (60...75% общей массы почвы, взятой на анализ), особенно в иллювиальном горизонте (табл. 3). Как в гумусовом, так и нижележащем горизонте преобладает глыбистая фракция над пылевидной.

Несмотря на относительно благоприятные показатели агрегатного, структурного состояния и водопрочности гумусового и иллювиального горизонтов поверхностно-глеевой оподзоленной почвы (табл. 4), наблюдаются полные выпад деревьев из-за отсутствия дренажа.

Таким образом, при оценке садопригодности почвы, имеющей отрицательные закрытые формы рельефа, для сортов яблони, привитых на среднерослый подвой 54-118, важны следующие агрофизические показатели: наличие эффективного дренажа; мощность гумусового горизонта; плотность иллювиально-

го горизонта; гранулометрический состав гумусового и особенно иллювиального горизонта (должен быть не тяжелее среднесуглинистого).

Выводы. Для оценки садопригодности почвы необходимо детально изучать особенности гумусового и иллювиального горизонтов отрицательных форм рельефа по комплексу водно-физических и морфологических признаков. При наличии закрытых ложбин и мало-мощного гумусового горизонта происходят выпад деревьев из-за отсутствия дренажа и, как следствие, локального переувлажнения. Плотность иллювиального горизонта более 1,4 г/см³ на фоне тяжелосуглинистого гранулометрического состава создает значительный водупор, способствующий локальному переувлажнению почвы.

Полученные данные могут быть использованы для совершенствования и детализации общепринятой методики садопригодности, применительно к конкретным особенностям почвенной агротехники.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галашев М.И. Водный режим почвы неорошаемых яблоневых садов при разных системах содержания // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2024. Т. 11. № 1. С. 36–41.
2. Кременской В.И., Иванютин Н.М. Комплект оборудования и затраты на создание системы капельного ороше-

- ния плодовых культур с различными схемами посадки // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр., Рязань, 18 декабря 2015 г. Вып. 12. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. С. 64–70.
3. Круглов Н.М. Реконструкция и размещение садов в ЦЧР и Поволжье (современные подходы): Методические рекомендации, Воронеж: Изд-во Воронежский ГАУ, 2013. 54 с.
 4. Лавринова В.А., Полунина Т.С. Зависимость микробиоты почвы в насаждениях яблони от степени увлажнения и приемов агротехники // Садоводство и виноградарство. 2019. № 4. С. 21–29.
 5. Методика выбора и оценки земельных участков под закладку интенсивных промышленных садов: рекомендации / Под ред. Ю.В. Трунова. Мичуринск: Изд. МичГАУ, 2007. 48 с.
 6. Методика выбора и оценки земельных участков под закладку промышленных насаждений плодовых и ягодных культур (рекомендации) / Под ред. Ю.В. Трунова. Воронеж: «Кварта», 2012. 40 с.
 7. Печуркин А.С., Степанцова Л.В., Красин В.Н. и др. Влияние гидрологических особенностей лугово-черноземных среднесуглинистых почв Тамбовской области на состояние плодовых деревьев состав и свойства органического вещества // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 2. С. 37–43.
 8. Печуркин А.С., Степанцова Л.В., Красин В.Н. Влияние капельного орошения на агрофизические свойства и гумусное состояние чернозема типичного тамбовской низменности // Фундаментальные концепции физики почв: развитие, современные приложения и перспективы: сб. науч. тр. Межд. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения А.Д. Воронина, Москва, 27–30 мая 2019 года. М.: ООО «Издательский дом КДУ», 2019. С. 534–537.
 9. Придорогин М.В., Придорогин В.К. Методология размещения сада. Мичуринск-наукоград РФ: Изд-во МичГАУ, 2014. 604 с.
 10. Придорогин М.В. Научные и методические основы оценки садопригодности земельных участков для насаждений яблони на пологих склонах и микросклонах: автореф. дис. док. с.-х. наук, специальность 06.01.08 — плодководство, виноградарство. Мичуринск-наукоград РФ, 2016. 43 с.
 11. Придорогин М.В. Особенности агрогенного рельефа, произвольно образуемого на пологих склонах в саду яблони, под влиянием рыхления почвы в междурядьях боронкой БДСТ-2,5А // Плодководство и ягодоводство России. 2013. Т. 37. № 1. С. 252–258.
 12. Придорогин М.В., Придорогин В.К., Придорогин В.К. Рельеф Окско-Донской равнины и его влияние на экологию садового ландшафта. ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина. Мичуринск-наукоград РФ, 2006. 656 с.
 13. Рагимов А.О., Мазиров М.А., Шентерова Е.М. Почвоведение: лаб. практикум. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. 120 с.
 14. Ревут И.Б. Физика почв. Л.: Колос, 1964. 318 с.
 15. Чурзин А.Н. Эффективность капельного орошения яблоневых садов в условиях нижнего Поволжья в садах НПП «Сады Придонья» // АгроФорум. 2024. № 2. С. 82–83.
 16. Шейн Е.В. Курс физики почв: учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.
 17. Mészáros M., Scháňková K., Bílek T. et al. The impact of the tree performance and water balance characteristics on nutritional status of apple trees. Scientia Horticulturae, 2024, 329, 113006.
 18. Zhong Y., Fei L., Li Y. et al. Response of fruit yield, fruit quality, and water use efficiency to water deficits for apple trees under surge-root irrigation in the Loess Plateau of China. Agricultural Water Management, 2019, 222, 221–230.

REFERENCES

1. Galashev M.I. Vodnyj rezhim pochvy neoroshayemyh yablonevyyh sadov pri raznykh sistemah soderzhaniya // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur. 2024. T. 11. № 1. S. 36–41.
2. Kremenskoj V.I., Ivanyutin N.M. Komplekt oborudovaniya i zatraty na sozdanie sistemy kapel'nogo orosheniya plodovyh kul'tur s razlichnymi skhemami posadki // Sovremennye energo- i resursosberegayushchie ekologicheski ustojchivye tekhnologii i sistemy sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva: sb. nauch. tr., Ryazan', 18 dekabrya 2015 g. Vyp. 12. Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet im. P.A. Kostycheva, 2016. S. 64–70.
3. Kruglov N.M. Rekonstrukcija i razmeshchenie sadov v CChR i Povolzh'e (sovremennye podhody): Metodicheskie rekomendacii, Voronezh: Izd-vo Voronezhskij GAU. 2013. 54 s.
4. Lavrinova V.A., Polunina T.S. Zavisimost' mikrobioty pochvy v nasazhdeniyah yabloni ot stepeni uvlazhneniya i priemov agrotekhniki // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2019. № 4. S. 21–29.
5. Metodika vybora i ocenki zemel'nyh uchastkov pod zakladku intensivnyh promyshlennyh sadov: rekomendacii / Pod red. Yu.V. Trunova. Michurinsk: Izd. MichGAU, 2007. 48 s.
6. Metodika vybora i ocenki zemel'nyh uchastkov pod zakladku promyshlennyh nasazhdenij plodovyh i yagodnyh kul'tur (rekomendacii) / Pod red. Yu.V. Trunova. Voronezh: «Kvarta», 2012. 40 s.
7. Pechurkin A.S., Stepancova L.V., Krasin V.N. i dr. Vliyanie gidrologicheskikh osobennostej lugovo-chernozemnyh srednesuglinistykh pochv Tambovskoj oblasti na sostoyanie plodovyh derev'ev sostav i svojstva organicheskogo veshchestva // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 2. S. 37–43.
8. Pechurkin A.S., Stepancova L.V., Krasin V.N. Vliyanie kapel'nogo orosheniya na agrofizicheskie svojstva i gumusnoe sostoyanie chernozema tipichnogo tambovskoj nizmennosti // Fundamental'nye koncepcii fiziki pochv: razvitie, sovremennye prilozheniya i perspektivy: sb. nauch. tr. Mezhd. nauch. konf., posvyashch. 90-letiyu so dnya rozhdeniya A.D. Voronina, Moskva, 27–30 maya 2019 goda. M.: ООО «Izdatel'skij dom KDU», 2019. S. 534–537.
9. Pridorogin M.V., Pridorogin V.K. Metodologiya razmeshcheniya sada. Michurinsk-naukograd RF: Izd-vo MichGAU, 2014. 604 s.
10. Pridorogin M.V. Nauchnye i metodicheskie osnovy ocenki sadoprirodnosti zemel'nyh uchastkov dlya nasazhdenij yabloni na pologih sklonah i mikrosklonah: avtoref. dis. dok. s.-h. nauk, special'nost' 06.01.08 — plodovodstvo, vinogradarstvo. Michurinsk-naukograd RF, 2016. 43 s.
11. Pridorogin M.V. Osobennosti agrogennogo rel'efa, proizvol'no obrazuemogo na pologih sklonah v sadu yabloni, pod vliyaniem ryhleniya pochvy v mezhdurjad'yah boronoy BDST-2,5A // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2013. T. 37. № 1. S. 252–258.
12. Pridorogin M.V., Pridorogin V.K., Pridorogin V.K. Rel'ef Oksko-Donskoj ravniny i ego vliyanie na ekologiyu sadovogo landshafta. GNU VNIIS im. I.V. Michurina. Michurinsk-naukograd RF, 2006. 656 s.

13. Ragimov A.O., Mazirov M.A., Shenterova E.M. Pochvovedenie: lab. praktikum. Vladimir: Izd-vo VIGU, 2017. 120 s.
14. Revut I. B. Fizika pochv. L.: Kolos, 1964. 318 s.
15. Churzin A.N. Effektivnost' kapel'nogo orosheniya yablonevnykh sadov v usloviyakh nizhnego Povolzh'ya v sadakh NPG «Sady Pridon'ya» // AgroForum. 2024. № 2. S. 82–83.
16. Shein E.V. Kurs fiziki pochv: uchebnik. M.: Izd-vo MGU, 2005. 432 s.
17. Mészáros M., Scháňková K., Bílek T. et al. The impact of the tree performance and water balance characteristics on nutritional status of apple trees. Scientia Horticulturae, 2024, 329, 113006.
18. Zhong Y., Fei L., Li Y. et al. Response of fruit yield, fruit quality, and water use efficiency to water deficits for apple trees under surge-root irrigation in the Loess Plateau of China. Agricultural Water Management, 2019, 222, 221–230.

Поступила в редакцию 07.02.2025

Принята к публикации 21.02.2025

УДК 632:634.8

DOI: 10.31857/S2500208225020122, EDN: HVDNQW

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ООО «АГРОХИМ-XXI» В АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ЗАЩИТЫ ВИНОГРАДА ОТ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ*

Наталья Васильевна Алейникова, доктор сельскохозяйственных наук
Яна Эдуардовна Радионовская, кандидат сельскохозяйственных наук
Евгения Спиридоновна Галкина, кандидат сельскохозяйственных наук
Павел Александрович Диденко, кандидат сельскохозяйственных наук
Владимир Николаевич Шапоренко, кандидат сельскохозяйственных наук
Елена Александровна Болотянская, кандидат сельскохозяйственных наук

Сергей Юрьевич Белаш
Владимир Владимирович Андреев
Лиана Владимировна Диденко

ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» НИЦ «Курчатовский институт», г. Ялта, Республика Крым, Россия
 E-mail: aleynikova@magarach-institut.ru

Аннотация. На виноградных насаждениях РФ для защиты от вредных организмов разрешены к применению более 130 фунгицидов и 70 инсектицидов различных зарубежных и отечественных фирм, в том числе ООО «Агрохим-XXI». В ассортимент средств защиты винограда данной компании входят препараты как уже с известными и широко применяемыми действующими веществами – фунгицид Минхати, КС (250 г/л флутриафола), инсектицид Гладиатор, КЭ (50 г/л лямбда-цигалотрина), так и новыми – фунгицид Шпага, КС (160 г/л циазофамида), инсектицид Эмаектин, КЭ (100 г/л эмаектина бензоата). В 2024 году на виноградниках Крыма изучили биологическую эффективность препарата биогенного происхождения Эмаектин, КЭ в защите винограда от гроздевой листовёртки *Lobesia botrana* Den. et Schiff., действующее вещество которого продуцируется почвенным актиномицетом *Streptomyces avermitilis* MSTD. Уровень биологической эффективности инсектицида в нормах применения 0,2 и 0,3 л/га составил 93,3%, что позволяет отнести его к высокоэффективным инструментам контроля численности данного экономически значимого фитофага. Для рекомендаций к широкому внедрению в практику защиты винограда от болезней проводятся полевые исследования по оценке биологической эффективности фунгицида Шпага, КС (160 г/л циазофамида, 0,5 л/га). Использование препаратов компании ООО «Агрохим-XXI», обладающих благоприятным экологическим и экотоксикологическим профилем, может стать обоснованной и необходимой альтернативой уже имеющимся на рынке средствам защиты растений.

Ключевые слова: виноград, пестициды, эмаектин бензоат, гроздевая листовёртка *Lobesia botrana* Den. et Schiff., биологическая эффективность

PROSPECTS FOR USING PESTICIDES OF “AGROKHM-XXI” LLC IN ADAPTIVE TECHNOLOGIES FOR PROTECTING GRAPES FROM HARMFUL ORGANISMS

N.V. Aleynikova, Grand PhD in Agricultural Science
Ya.E. Radionovskaya, PhD in Agricultural Science
E.S. Galkina, PhD in Agricultural Science
P.A. Didenko, PhD in Agricultural Science
V.N. Shaporenko, PhD in Agricultural Science
E.A. Bolotyanskaya, PhD in Agricultural Science
S.Yu. Belash
V.V. Andreev
L.V. Didenko

Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking «Magarach» SRC «Kurchatov Institute», Yalta, Republic of Crimea, Russia
 E-mail: aleynikova@magarach-institut.ru

* Работа выполнена по договору с ООО «Агрохим-XXI» № 99/2024 от 26 марта 2024 года / The work was performed under the contract with Agrochem-XXI LLC No. 99/2024 dated March 26, 2024.

Abstract. Currently, more than 130 fungicides and 70 insecticides of various foreign and domestic producers, including Agrokhim-XXI LLC, are approved for the use in protecting the vineyards of Russian Federation against plant pests. The assortment of grape plant protection products of this company includes preparations with both well-known and widely used active ingredients – fungicide Minhati, SC (250 g/l flutriafol), insecticide Gladiator, EC (50 g/l lambda-cyhalothrin); and new ones – fungicide Shpaga, SC (160 g/l cyazofamid), insecticide Emamectin, EC (100 g/l emamectin benzoate). In 2024, a study was conducted in the vineyards of Crimea to assess the biological effectiveness of biogenic preparation Emamectin, EC, in order to protect plants from grapevine moth *Lobesia botrana* Den. et Schiff., the active substance of which is produced by soil actinomycete *Streptomyces avermitilis* MSTD. The level of biological effectiveness of the studied insecticide at application rates of 0.2 l/ha and 0.3 l/ha was 93.3%. It allowed us to classify the preparation as a highly effective tool for controlling the population level of this economically significant phytophage. Currently, field studies on assessing the biological effectiveness of fungicide Shpaga, SC (160 g/l cyazofamid; 0.5 l/ha) are being conducted in order to recommend it for general application in the practice of protecting grape plants from diseases. Using of the studied preparations produced by Agrokhim-XXI LLC with favorable ecological and ecotoxicological profile can become a viable and essential alternative to the plant protection products already available in the market.

Keywords: grapes, pesticides, emamectin benzoate, grapevine moth *Lobesia botrana* Den. et Schiff., biological effectiveness

Виноградарство и виноделие Российской Федерации динамично развиваются – растут площади виноградников, повышается урожайность винограда, увеличиваются объемы производства российских вин. Все популярнее становится выращивание винограда в фермерских и приусадебных хозяйствах. Обеспечение стабильных урожаев винограда хорошего качества требует сведения к минимуму потерь, связанных с развитием на растениях вредных организмов. Эту задачу выполняет защита растений как неотъемлемая часть растениеводческих технологий. [11, 20]

Анализ современного рынка средств защиты растений (СЗР), используемых в программах адаптивно-интегрированного управления вредными видами в агроэкосистемах (в том числе ампелоценозах), показывает, что химический метод не утратил своего значения благодаря существенным количественным и качественным изменениям в ассортименте пестицидов. [4–6, 19] Они формировались в соответствии с разработанными ВИЗР концепциями «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем» (1995) и «Управление фитосанитарным состоянием агроэкосистем» (2019), направленными на долгосрочную стабилизацию фитосанитарного состояния крупных агроэкосистем и агроландшафтов, в том числе из-за значительного ужесточения требований к гигиенической и экологической безопасности пестицидов. [6, 7] Поэтому одним из приоритетных направлений современных научных исследований остается разработка новых средств и методов химической защиты, изучение и внедрение в практику прогрессивных препаратов с низкими нормами применения и нестойких в окружающей среде, имеющих высокую избирательность и эффективность. [3]

Известно, что на современном этапе для развития адаптивно-интегрированных технологий защиты растений, предусматривающих гармоничное сочетание различных методов, особый приоритет имеют совершенствование химических и расширение ассортимента биологических СЗР. [1, 4] У последних, как отмечают российские ученые, преобладают два направления: расширение сферы применения уже популярных препаратов на основе известных микробиологических организмов и регистрация средств, содержащих действующие вещества биогенного происхождения. К разработке биологических средств, наряду с представителями бактерий, микромицетов и вирусов, привлекаются продукты микробиологического синтеза и модификации природных токсинов. [4, 13]

Например, в ассортименте СЗР появились биологические препараты на основе продуктов вторич-

ного метаболизма актиномицетов (авермектины, спиносина и другие), которые зарекомендовали себя как эффективные средства контроля вредных членистоногих. Им присуща специфичность, низкая токсичность, а также способность к деградации в естественных круговоротах веществ, что позволяет не нарушать природное равновесие при их использовании. Разнообразие химической природы этих препаратов обуславливает низкую степень адаптации к ним вредных фитофагов. [5, 6, 8, 17] Приоритетный и важный объект внедрения современных разработок, в частности по инсектицидам, – многолетние насаждения (в том числе виноградники) и культуры защищенного грунта. [4]

На виноградных насаждениях РФ для защиты от вредных организмов разрешены к применению более 130 фунгицидов и 70 инсектицидов. [2] На рынке СЗР большое число зарубежных и отечественных фирм представляют эти препараты, в том числе ООО «Агрохим-XXI». Предприятие динамично развивается с 2007 года, самостоятельно регистрирует химические СЗР, проводит их научно-производственные испытания, осуществляет технологический контроль производства и ввоза препаратов, а также их реализации на территории России.

В ассортименте СЗР компании «Агрохим-XXI» для контроля основных патогенов и фитофагов винограда есть фунгициды Шпага, КС (160 г/л циазофамида), норма применения – 0,5 л/га, Минхати, КС (250 г/л флутриафола) – 0,125 л/га и инсектициды Эмаектин, КЭ (100 г/л эмаектина бензоата) – 0,2...0,3 л/га, Гладитор, КЭ (50 г/л лямбда-цигалотрина) – 0,32...0,48 л/га.

Фунгицид Шпага, КС – уникальный контактный фунгицид, обладающий профилактическим и лечебным действием, представитель химической группы цианоимидазолов. В полевых исследованиях циазофамид демонстрирует высокую биологическую эффективность в контроле болезней, вызываемых оомицетами (на винограде предназначен для защиты от милдью), имеет благоприятный экологический и экотоксикологический профиль. [18]

Инсектицид Эмаектин, КЭ – препарат преимущественно кишечного действия, а также контактного с наличием трансламинарной активности. Действующее вещество из группы авермектины, продуцируется почвенным актиномицетом *Streptomyces avermitilis* MSTD, по механизму влияния – нейротоксин. Эмаектин, КЭ обеспечивает длительную защиту винограда от гроздевой листовертки. [4, 8] Благодаря быстрой фотодеградации на поверхности листьев Эмаектин

бензоат считается безвредным для полезных организмов и имеет короткий срок ожидания. [14]

Таким образом, в ассортимент средств защиты винограда компании ООО «Агрохим-XXI» входят препараты как уже с известными и широко применяемыми действующими веществами (флутриафол, лямбда-цигалотрин), так и новыми (циазофамид, эмаектин бензоат), использование которых перспективно в рамках разработки современных адаптивно-интегрированных технологий защиты ампелоценозов от экономически значимых вредных организмов.

Цель работы – оценить биологическую эффективность инсектицида Эмаектин, КЭ (ООО «Агрохим-XXI») в контроле гроздовой листовертки на виноградных насаждениях Крыма в 2024 году.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследований – виноградные растения, гроздовая листовертка (*Lobesia botrana* Den. et Schiff.), инсектицид Эмаектин, КЭ (ООО «Агрохим-XXI»).

Согласно территориальному делению виноградопригодных земель Республики Крым оценку биологической эффективности изучаемого инсектицида в отношении численности гроздовой листовертки проводили в Крымском западно-приморском предгорном районе (с. Угловое, Бахчисарайский район), на промышленном винограднике технического сорта *Ркацители* в 2024 году. [12]

Погодные условия были благоприятными для роста и развития винограда. Среднесуточные температуры воздуха в апреле, июне, июле и сентябре превышали среднеголетние данные на 5°C, 1,5, 2,6 и 2,4°C соответственно. В мае наблюдали отрицательное отклонение от среднеголетнего показателя на 0,6°C. За период исследований зафиксировано 88,4 мм осадков, что существенно (на 65,6 мм) ниже среднеголетнего показателя (154 мм). Основное количество осадков отмечено в июне (31,7 мм) и сентябре (38 мм) (табл. 1).

Устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через 10°C отмечали 28 марта. На фоне повышенных температур воздуха в апреле развитие виноградных растений характеризовалось ранним (с опережением на 2,5 недели относительно среднеголетних сроков) началом вегетации и интенсивным ростом.

Для проведения испытания был выбран типичный для района исследований участок, на котором в предыдущие годы развивалась гроздовая листовертка. Виноградник сорта *Ркацители*: год посадки – 1985, схема – 3×1,5 м, формировка – одноплечий кордон на среднем штамбе, подвой – *Берландиери* х *Рипариа Кобер 5ББ*. Культура неукрывная, неорошаемая. Согласно технологическим картам осуществляли необходимые агротехнические мероприятия: осенне-зимняя пахота в ноябре 2023 года, в 2024 году – обрезка (январь-февраль), сухая подвязка побегов (март-апрель), две обломки (май-июнь), летнее рыхление почвы (трехкратное); весенняя и летняя обработки против сорной растительности, а также фоновые пестицидные опрыскивания от болезней и вредителей, внекорневые подкормки минеральными и биологическими удобрениями.

Закладку опыта и учеты проводили по общепринятым в защите растений и виноградарстве методикам. [10] Схема опыта представлена в таблице 2.

Размещение – рендомизированное, методом удлиненных делянок, повторность – четырехкратная. Способ применения инсектицидов – опрыскивание моторизованным ранцевым опрыскивателем «SOLO-451» (Германия), норма расхода рабочей жидкости – 1000 л/га.

Для оценки сезонной интенсивности лёта бабочек гроздовой листовертки и определения необходимой кратности, а также оптимальных сроков обработок изучаемыми препаратами на опытном участке проводили феромонный мониторинг вредителя с помощью двух сигнальных ловушек – стандартных клеевых трехгранных (дельта) малых с трубчатым диспенсером производства АО «Шелково Агрохим».

Таблица 1.

Метеорологические данные периода вегетации 2024 года (метеостанция г. Севастополь)

Показатель	Месяц					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Температура воздуха, °C						
средняя многолетняя	10,9	16,4	21,7	23,8	24,5	19,6
текущего года	15,9	15,8	23,2	26,6	24,4	22,0
Осадки, мм						
средние многолетние	21,8	24,2	37,7	25,2	12,4	32,7
текущего года	5,3	9,2	31,7	1,7	2,5	38,0

Таблица 2.

Схема опыта

Вариант	Норма применения	Кратность обработок	Дата обработки
Эмаектин, КЭ (100 г/л эмаектина бензоата)	0,2 л/га	2	
Эмаектин, КЭ (100 г/л эмаектина бензоата)	0,3 л/га	2	25.06; 9.07
Проклэйм, ВРГ (50 г/кг эмаектина бензоата) – эталон	0,3 кг/га	2	
Контроль (без обработок)	–	–	–

Биологическую эффективность препаратов рассчитывали как величину снижения поврежденности гроздей гусеницами вредителя относительно контроля. Поврежденные грозди подсчитывали на 50 просмотренных в каждой повторности опыта. Степень поврежденности определяли по пятибалльной шкале: 0 – повреждение отсутствует; 1 – повреждено до 5 ягод в грозди; 2 – 15; 3 – 1/3; 4 – 1/2; 5 – все ягоды.

Средний балл устанавливали умножением количества гроздей с одинаковым баллом поврежденности на цифровой показатель последнего, сумму произведений делили на общее число просмотренных гроздей. Определение биологической эффективности препарата проводили по формуле Аббота.

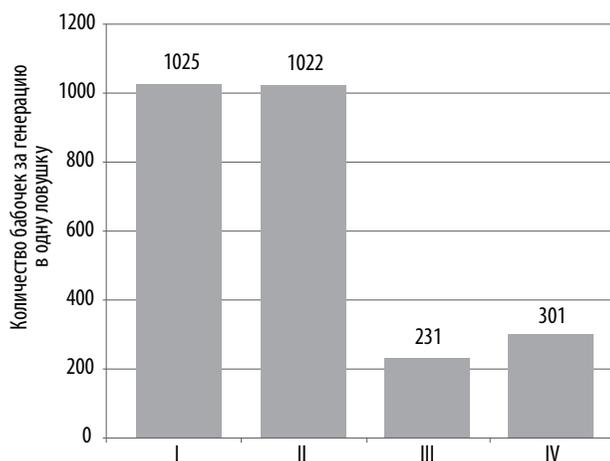
Развитие гроздовой листовертки учитывали на 14 сутки после второй инсектицидной обработки – 23.07. Полученные экспериментальные данные оценивали общепринятыми статистическими методами с использованием дисперсионного анализа при помощи Microsoft Excel. [9]

РЕЗУЛЬТАТЫ

В условиях Крымского Западно-приморского предгорного района (КЗППР) в 2024 году наблюдали более высокий, чем в предыдущие годы, темп накопления эффективных температур воздуха (СЭТ) для гроздовой листовертки (выше 9°C). Это обусловило ранние сроки развития всех генераций, а в летние месяцы – сжатые сроки прохождения вредителем стадий развития. На 1 октября СЭТ воздуха превысила данный показатель 2023 года на 309°C и составила 2261°C (по данным метеостанции г. Севастополь). Известно, что для развития одной генерации гроздовой листовертки необходимо около 500°C, соответственно в отчетном году сложились условия для развития четырех генераций вредителя.

По данным феромонного мониторинга на опытном винограднике сорта *Ркацители* развивалось четыре генерации гроздовой листовертки (см. рисунок). По интенсивности лёта бабочек относительная плотность популяции вредителя характеризовалась как средняя в период развития I и II генераций (1025 и 1022 имаго на ловушку соответственно), в период развития III и IV – низкая (231 и 301 имаго на ловушку соответственно).

Биологическую эффективность препарата Эмаектин, КЭ (0,2 и 0,3 л/га) изучали на фоне развития



Сезонная динамика численности гроздовой листовертки на винограднике сорта *Ркацители* по данным феромонного мониторинга (КЗППР, 2024 год).

II генерации гроздовой листовертки. Интенсивность массового лёта бабочек превышала ЭПВ для технических сортов винограда (20 имаго в ловушку) и достигала 50...65 за сутки массового лёта. Продолжительность лёта бабочек составила 30 дн., соответственно период отрождения гусениц вредителя был не менее четырех недель.

Таким образом, для обеспечения эффективного контроля численности гроздовой листовертки потребовалась двукратная инсектицидная обработка: в начале массового отрождения гусениц (25.06, фенологическая фаза развития винограда «ягоды размером с горошину», по шкале ВВСН 75) и при массовом отрождении гусениц (9.07, фенологическая фаза развития винограда «начало формирования грозди», по шкале ВВСН 77).

В опытных вариантах применяли инсектицид Эмаектин, КЭ (100 г/л эмаектина бензоата) – 0,2 и 0,3 л/га; в эталонном варианте – препарат Проклэйм, ВРГ (50 г/л эмаектина бензоата). Результаты учета поврежденности гроздей после опрыскиваний инсектицидами (на 14 сут.) представлены в таблице 3.

В контроле значение среднего балла поврежденности гроздей винограда на дату учета достигла 0,15 (что соответствует 15% поврежденных гроздей) и превышало ЭПВ для II генерации вредителя – 8...12 гусениц/100 гроздей. В вариантах, обработанных изучаемым

Таблица 3.

Эффективность инсектицида Эмаектин, КЭ в контроле численности гроздовой листовертки (АО «Агрофирма Черноморец», сорт *Ркацители*, 2024 год)

Вариант	Норма применения препарата, л, кг/га	Средний балл поврежденности гроздей	Снижение поврежденности относительно контроля, %
Эмаектин, КЭ (100 г/л)	0,2	0,01	93,3
Эмаектин, КЭ (100 г/л)	0,3	0,01	93,3
Проклэйм, ВРГ (50 г/кг) – эталон	0,3	0	100
Контроль	–	0,15	–
НСР ₀₅	–	0,02	–

инсектицидом, поврежденность была минимальной (0,01 балла), зафиксировали лишь единичные грозди, в эталонном варианте повреждение гроздей не отмечено. Между инсектицидами по вариантам различия поврежденности не существенны, в пределах ошибки опыта.

Значения показателя снижения поврежденности гроздей вредителем на фоне защитных мероприятий свидетельствуют о высокой (93,3%) биологической эффективности препарата Эмаектин, КЭ как для нормы применения 0,2 л/га, так и 0,3 л/га. Результаты сопоставимы с биологической эффективностью эталонного препарата Проклэйм, ВРГ (0,3 кг/га) – 100%.

Таким образом, в условиях 2024 года установлено, что применение препарата Эмаектин, КЭ (0,2 и 0,3 л/га) обеспечило надежную защиту ягод винограда от гусениц II генерации гроздевой листовёртки при средней численности популяции вредителя и не оказало фитотоксического действия на растения.

Полученные на виноградниках Крыма экспериментальные данные о высоком уровне биологической эффективности инсектицида Эмаектин, КС (100 г/л эмаектина бензоата) согласуются с результатами исследований отечественных и зарубежных ученых, относительно эффективности препаратов других торговых марок на основе этого же действующего вещества. [5, 6, 15–17]

На виноградниках Краснодарского края РФ в 2017–2019 годах уровень биологической эффективности защиты винограда от гроздевой листовёртки был в пределах: для инсектицида Эмаектин, ВРГ (50 г/кг эмаектина бензоата; 0,3...0,4 кг/га) – 82,4...100%; Юнона, МЭ (50 г/л эмаектина бензоата; 0,3...0,4 л/га) – 88,4...100%; Проклэйм Фит, ВДГ (400 г/кг люфенурана + 50 г/кг эмаектина бензоата; 0,12...0,14 кг/га) – 90,6...100%; Проклэйм, ВРГ (50 г/кг эмаектина бензоата; 0,4 кг/га) – 85,7...100%. [17] На виноградниках Италии получены данные об эффективности препарата Affirm, 0,95% WG (эмаектин бензоат; 1,5 кг/га) до 87,5% в 2006–2007 годах и на уровне 88,8% в 2011. [15]

Авторы указывают на перспективность использования препаратов на основе Эмаектина бензоата для ротации инсектицидов в современных системах защиты винограда из-за их особого механизма действия на членистоногих, что позволит длительно сдерживать развитие резистентности к ним в популяциях гроздевой листовёртки. [5, 6, 15–17]

Выводы. Установлен высокий уровень биологической эффективности инсектицида Эмаектин, КЭ (100 г/л эмаектина бензоата) – 0,2 и 0,3 л/га для защиты винограда от гроздевой листовёртки (93,3%). Для рекомендаций к внедрению в практику защиты винограда от болезней проводят полевые исследования по оценке биологической эффективности фунгицида Шпага, КС (160 г/л циазофамида) на виноградных насаждениях Юга России.

Таким образом, в ответ на возросший спрос продукции с низким токсикологическим воздействием и для снижения рисков возникновения резистентности, использование препаратов компании ООО «Агрохим-XXI», обладающих благоприятным экологическим и экотоксикологическим профилем, может стать обоснованной и необходимой альтернативой уже имеющимся на рынке средствам защиты растений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алейникова Н.В., Радионовская Я.Э., Диденко Л.В. и др. Развитие хеморегуляторного метода мониторинга вредителей винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021. № 23(3). С. 253–259. <https://doi.org/10.35547/IM.2021.84.20.008>
2. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Краснодар: ИП Луцаева Н.Я. «Полиграфические услуги», Ежегодник. Вып. 9. 807 с.
3. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Кунгурцева О.В. и др. Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // Агрохимия. 2020. № 9. С. 32–47.
4. Долженко В.И., Лаптев А.Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // Плодородие. 2021. № 3. С. 71–75. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.13>
5. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Буркова Л.А. и др. Совершенствование ассортимента средств борьбы с вредителями растений в XXI веке // Агрохимия. 2021. № 1. С. 31–40. <https://doi.org/10.31857/S000218812101004X>
6. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лаптев А.Б. Развитие химического метода защиты растений в России // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 3–13. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_4_3
7. Долженко Т.В. Критерии формирования биологизированного ассортимента средств защиты растений от вредителей. Мат. XII сессии Генеральной Ассамблеи ВПРС МОББ (в связи с 40-летием деятельности) и докл. Межд. науч. конф. «Биологическая защита растений: успехи, проблемы, перспективы», Санкт-Петербург, 2017. С. 111–115.
8. Долженко Т.В., Каракотов С.Д., Долженко В.И. Новые отечественные инсектоакарициды на основе авермектинов // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 5. С. 32–35.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. 352 с.
10. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве: информ. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 508 с.
11. Петрова М.О., Черменская Т.Д. Экологически безопасное применение пестицидов при выращивании винограда // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». Ялта, 2020. Т. XLIX. С. 172–174.
12. Приказ Минсельхоза Крыма от 22 сентября 2020 г. № 661 «О территориальном делении виноградопригодных земель Республики Крым». – URL: http://www.msh.rk.gov.ru/document/show/2021_01_12_14_19_prikaz_ot_22_09_2020_661_o_territorialnom_delenii_vinogradoprigrigodnykh_zemel_respubliki_krym
13. Aleinikova, N.V., Galkina, Y.S., Andreyev, V.N. et al. The prospects of using *Bacillus amyloliquefaciens* in the biological control of grape diseases // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2023. V. 1206. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012025>
14. Benelli G., Lucchi A., Anfora G. et al. European grapevine moth, *Lobesia botrana* Part II: Prevention and management // Entomologia. 2023. V. 43(2). PP. 281–304. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/1947>
15. Boselli M., Scannavini M., Cavazza F., Franceschelli F. Valutazione dell'efficacia di emamectina benzoato (Affirm) nella

- lotta a Lobesia botrana // ATTI Giornate Fitopatologiche. 2008. V. 1. PP. 175–180.
16. Civolani S., Boselli M., Butturini A. et al. Assessment of Insecticide Resistance of Lobesia botrana (Lepidoptera: Tortricidae) in Emilia-Romagna Region // Journal of Economic Entomology. 2014. V. 107(3). PP. 1245–1249. <https://doi.org/10.1603/EC13537>
 17. Dolzhenko T., Burkova L., Dolzhenko O., Laptiev A. Bio-rational insectoacaricides based on avermectins to protect grapes. BIO Web of Conferences. 2021. V. 34. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213404010>
 18. Pang N., Dou X., Hu J. Residue behaviours, dissipation kinetics and dietary risk assessment of pyaclostrobin, cyazofamid and its metabolite in grape // J. Sci. Food Agric. 2019. V. 99(14). PP. 6167–6172. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9877>
 19. Pertot I., Caffi T., Rossi V. et al. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture // Crop Protection. 2017. V. 97. PP. 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.025>
 20. van Lexmond M.B., Bonmatin J.M., Goulson D., Noome D.A. Worldwide Integrated Assessment on systemic pesticides: global collapse of the entomofauna: exploring the role of systemic insecticides // Environ Sci. Pollut. Res. Int. 2015. V. 22(1). PP. 1–4. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3220-1>
 8. Dolzhenko T.V., Karakotov S.D., Dolzhenko V.I. Novye otechestvennye insektoakaricidy na osnove avermektinov // Rossijskaya sel'skokozyajstvennaya nauka. 2018. № 5. C. 32–35.
 9. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
 10. Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam insekticidov, akaricidov, feromonov, molluskocidov i roden-ticidov v rastenievodstve: inform. izd. M.: FGBNU «Rosin-formagrotekh», 2022. 508 s.
 11. Petrova M.O., Chermenskaya T.D. Ekologicheski bezopasnoe primenenie pesticidov pri vyrashchivanii vinograda // Vinogradarstvo i vinodelie: Sb. nauch. tr. FGBUN «VNIIViV «Magarach» RAN». Yalta, 2020. T. XLIX. S. 172–174.
 12. Prikaz Minsel'hoza Kryma ot 22 sentyabrya 2020 g. № 661 «O territorial'nom delenii vinogradoprigradnyh zemel' Respubliki Krym». URL: http://www.msh.rk.gov.ru/document/show/2021_01_12_14_19_prikaz_ot_22_09_2020_661_o_territorialnom_delenii_vinogradoprigradnykh_zemel_respubliki_krym
 13. Aleinikova N.V., Galkina Y.S., Andreyev V.N. et al. The prospects of using Bacillus amyloliquefaciens in the biological control of grape diseases // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2023. V. 1206. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012025>
 14. Benelli G., Lucchi A., Anfora G. et al. European grapevine moth, Lobesia botrana Part II: Prevention and management // Entomologia. 2023. V. 43(2). PP. 281–304. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/1947>
 15. Boselli M., Scannavini M., Cavazza F., Franceschelli F. Valutazione dell'efficacia di emamectina benzoato (Affirm) nella lotta a Lobesia botrana // ATTI Giornate Fitopatologiche. 2008. V. 1. PP. 175–180.
 16. Civolani S., Boselli M., Butturini A. et al. Assessment of Insecticide Resistance of Lobesia botrana (Lepidoptera: Tortricidae) in Emilia-Romagna Region // Journal of Economic Entomology. 2014. V. 107(3). PP. 1245–1249. <https://doi.org/10.1603/EC13537>
 17. Dolzhenko T., Burkova L., Dolzhenko O., Laptiev A. Bio-rational insectoacaricides based on avermectins to protect grapes. BIO Web of Conferences. 2021. V. 34. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213404010>
 18. Pang N., Dou X., Hu J. Residue behaviours, dissipation kinetics and dietary risk assessment of pyaclostrobin, cyazofamid and its metabolite in grape // J. Sci. Food Agric. 2019. V. 99(14). PP. 6167–6172. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9877>
 19. Pertot I., Caffi T., Rossi V. et al. A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture // Crop Protection. 2017. V. 97. PP. 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.025>
 20. van Lexmond M.B., Bonmatin J.M., Goulson D., Noome D.A. Worldwide Integrated Assessment on systemic pesticides: global collapse of the entomofauna: exploring the role of systemic insecticides // Environ Sci. Pollut. Res. Int. 2015. V. 22(1). PP. 1–4. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3220-1>

REFERENCES

Поступила в редакцию 18.02.2025
Принята к публикации 01.03.2025

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Дмитрий Алексеевич Рогачев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», г. Москва, Россия
E-mail: Rogachev.soft@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты анализа текущего состояния исследований в области технической эксплуатации оросительных систем и внедрения программ информационной поддержки в управление мелиоративной деятельностью. Обоснованы актуальность и целесообразность применения оптимизационного моделирования для планирования инвестиций на ремонтно-восстановительные работы в напряженных природно-хозяйственных условиях. В качестве инструментария оптимизации предложена многокритериальная нелинейная функция, реализуемая на основе генетических алгоритмов. Критерии оптимизации – максимумы площади орошения, снижения потерь воды и дохода водохозяйственной организации, планируемые от повышения технического состояния эксплуатируемых сооружений. Для реализации оптимизационной модели управления техническим состоянием оросительной системы разработана автоматизированная система планирования ремонтно-восстановительных мероприятий АСУ «Техническое состояние» и представлены результаты ее тестирования, проанализированы цели и задачи, определена ее функциональная структура. Исследованы информационные потоки на примере Красногвардейской оросительной системы в Крыму. Обосновано применение программного продукта серверной оболочки «IC: Предприятие 8» в качестве технологической платформы для разработки АСУ. Описана функциональная структура прикладного решения, включающая справочники, данные оперативного учета, алгоритмы обработки результатов и отчеты. Приведен интерфейс системы, примеры ввода данных и выходные формы. Обосновано использование ГИС для визуализации информации о планировании мероприятий по технической эксплуатации и анализу данных дистанционного зондирования. Установлено, что использование АСУ для реализации оптимизационных моделей управления техническим состоянием оросительной системы способствует эффективности работы, снижению издержек и повышению конкурентоспособности эксплуатационной организации.

Ключевые слова: цифровизация, управление, техническое состояние, оросительная система

DIGITAL TRANSFORMATION OF IRRIGATION SYSTEM PERFORMANCE MANAGEMENT

D.A. Rogachev, PhD in Engineering Sciences, Leading Researcher
A.N. Kostyakov Federal State Budgetary Scientific Research Center VNIIGiM, Moscow, Russia
E-mail: Rogachev.soft@gmail.com

Abstract. The paper presents the results of an analysis of the current state of research in the field of technical operation of irrigation systems and the introduction of information support systems in the management of land reclamation activities. The relevance and expediency of using optimization modeling for planning investments for repair and restoration work in stressful natural and economic conditions are substantiated. A multi-criteria nonlinear function based on genetic algorithms is proposed as an optimization tool. The optimization criteria are selected: maxima of the irrigation area under command, reduction of water losses and income of the water management organization, planned from improving the technical condition of the facilities in operation. To implement an optimization model for managing the technical condition of the irrigation system, an automated system for planning repair and restoration activities of the automated control system "Technical Operation" has been developed and the results of its testing are presented. The goals and objectives of the system are analyzed, and its functional structure is determined. The information flows are investigated using the example of the Krasnogvardeyskaya irrigation system in the Crimea. The use of the IC-Enterprise server shell software product as a technological platform for automated control system development is substantiated. The functional structure of the application solution is described, including reference books, operational accounting data, data processing algorithms and reports. The system interface, data entry examples, and output forms are provided. The use of GIS for visualization of information on planning activities for technical operation and analysis of remote sensing data is justified. It is established that the use of automated control systems for the implementation of optimization models for managing the technical condition of the irrigation system contributes to increased operational efficiency, reduced costs and increased competitiveness of the operating organization.

Keywords: digitalization, management, technical condition, irrigation system

В эпоху климатических изменений и усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду обостряются вопросы рационального использования водных ресурсов в мелиоративном водохозяйственном комплексе, который занимает важнейшее место в обеспечении продовольственной безопасности страны и считается одним из наиболее водоемких секторов АПК. [3, 6, 12]

Современной тенденцией повышения эффективности оросительных систем и рационального потребления воды становится совершенствование управления водопользованием на основе цифровизации

производственных технологических процессов с применением методов искусственного интеллекта. [5, 11]

Практика методов и способов математического моделирования, искусственного интеллекта, машинного обучения и передовых технологий дистанционного зондирования рассматривается научным сообществом мелиорации в качестве ключевых факторов повышения качества управленческих решений, направленных на рациональное использование важнейших природных ресурсов (вода, земля), а также устойчивое развитие сельского хозяйства в соответствии с требованиями времени. [1, 4]

Специалисты ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова активно занимаются исследованиями в области разработки компьютерных систем эффективного управления водопользованием на межхозяйственных оросительных системах, включая применение искусственного интеллекта. Особое внимание уделяется решению задач водораспределения в напряженных природных условиях и планирования инвестиций в поддержание и развитие инфраструктуры оросительной системы при недостаточном финансировании мероприятий технической эксплуатации.

В работе представлены результаты проектирования и разработки АСУ «Техническое состояние» как подсистемы более общей АСУ «Водопользование ОС». В частности, рассмотрены процессы программно-технологической реализации разработки, методическое обеспечение системы управления техническим состоянием мелиоративного водохозяйственного комплекса. [7]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы результаты научных работ и достижения практики, посвященные созданию, внедрению и применению управленческих решений по оптимизации одного из главных производственных процессов водопользования на межхозяйственных оросительных системах (ОС) – управлению техническим состоянием инфраструктуры, во многом определяющим успешность системной подачи, распределения и отведения воды. Использованы авторские наработки по указанной тематике.

Для решения задачи оценки технического состояния и работоспособности ОС, планирования мероприятий технической эксплуатации сооружений гидромелиоративной системы в условиях ограниченных инвестиций применяли: информационно-аналитический подход, математическое моделирование и модели ГИС визуализации, методы искусственного интеллекта, такие как эволюционно-генетическое программирование и генетические алгоритмы.

Распределение лимитированных инвестиций на ремонтно-восстановительные работы по объектам инфраструктуры оросительной системы осуществляется с помощью модели многокритериальной оптимизации, позволяющей выбрать рациональный перечень планируемых мероприятий технической эксплуатации, минимизирующий потери поливной воды, при одновременном увеличении площади орошаемых земель и повышении финансовых показателей водохозяйственной организации, которые прогнозируются по результатам совершенствования технического состояния ОС. [8]

Математическое выражение функции цели Z для задачи планирования мероприятий повышения надежности и работоспособности инфраструктуры ОС в условиях ограниченных инвестиций, когда потребность в таких мероприятиях существенно превышает возможность их финансирования, имеет вид:

$$Z = \sum_{i=1}^I z_i b_i \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^I k_i b_i \leq K ;$$

$$b_i \in \{0; 1\}, \quad i = \overline{1, \dots, I},$$

где k_i – стоимость работ i мероприятия по улучшению технического состояния инфраструктуры оросительной системы; I – общее количество планируемых мероприятий улучшения технического состояния ОС; z_i – функция «значимости» i мероприятия для совершенствования технического состояния инфраструктуры оросительной системы; K – объем финансирования ремонтно-восстановительных работ.

$$z_i = S_i/S + (1 - W_i/W) + P_i/P; \quad (2)$$

где S_i – площадь орошения, подверженная воздействию i мероприятия планируемых улучшений технического состояния оросительной системы, га; S – площадь орошения, подверженная воздействию планируемых мероприятий улучшения технического состояния инфраструктуры оросительной системы, га;

W_i – снижение потерь воды от реализации i мероприятия улучшения технического состояния ОС, тыс. м³; W – общее снижение потерь воды от реализации мероприятий улучшения технического состояния ОС, тыс. м³; P_i – финансовый результат водохозяйственной организации от реализации i мероприятия совершенствования технического состояния ОС, тыс. руб.; P – финансовый результат водохозяйственной организации при реализации мероприятий совершенствования технического состояния ОС, тыс. руб.;

$$W = \sum_{i=1}^I W_i; \quad (3)$$

$$P = \sum_{i=1}^I P_i. \quad (4)$$

Оптимизация нелинейной целевой функции (1) осуществляется эволюционно-генетическим программированием, которое считается одним из ключевых направлений в теории искусственного интеллекта. Генетические алгоритмы (ГА) позволяют исследовать более широкий спектр возможных решений проблемы, чем традиционные методы линейного программирования, из-за варьирования элементов целевой функции (Z) с использованием операторов отбора, скрещивания и мутации, что позволяет оценить пригодность анализируемых решений.

Алгоритм создан на основе библиотеки DEAP (Distributed Evolutionary Algorithms in Python), наряду с другими известными библиотеками GAFT, Pyevolve и PyGMO, предоставляющими удобные инструменты для реализации генетических алгоритмов на языке Python, который обладает широким функционалом, поддерживает расширяемость и имеет подробную документацию (<https://deap.readthedocs.io/en/master/>).

Программное обеспечение АСУ «Техническое состояние» реализовано с применением серверной оболочки «1С: Предприятие 8», разработанной российскими специалистами и лидирующей на отечественном рынке аналогичных программных продуктов. [10] Такой подход позволил значительно сократить время и усилия, необходимые для разработки интерфейсов и вспомогательных элементов АСУ, что дало возможность сосредоточиться на решении практических задач в области управления водопользованием.

Для визуализации пространственных данных применяется программный продукт «1С GIS Управление пространственными данными» серверной оболочки «1С: Предприятие 8», позволяющий отображать дан-

ные на картах и схемах, а также интегрировать их с различными электронными сервисами, включая данные Росреестра и спутниковые снимки. [9, 10]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подача, распределение и отведение воды на межхозяйственных оросительных системах становится сложным из-за износа водопроводящих сетей и сооружений, что приводит к потерям воды и снижению качества услуг для сельскохозяйственных предприятий и водопользователей. Ремонт и модернизация инфраструктуры ОС требуют значительных финансовых ресурсов, технических знаний и слаженной работы всех участников процесса водопользования, сельскохозяйственных товаропроизводителей и водохозяйственной организации.

Обеспечение устойчивости системного водопользования нуждается в тщательном контроле технического состояния сооружений и оборудования, рациональном использовании крайне ограниченных финансовых ресурсов, направляемых на техническое обслуживание, ремонт и замену устаревшей и/или неработоспособной инфраструктуры. Последнее влечет за собой потребность в инновационных технологиях поддержки управленческих решений по совершенствованию технического состояния ОС, ошибки которых в напряженных природно-хозяйственных условиях стоят дорого.

Разработанная компьютерная система управления техническим состоянием оросительных систем должна

повысить эффективность водопользования на орошении. Основные функции:

1. **Мониторинг технического состояния.** Ведется учет объектов инфраструктуры (насосные станции, трубопроводы, каналы и сооружения на них). Фиксируются их геометрические характеристики, стоимость основных фондов, степень износа и даты последнего ремонта.

2. **Планирование ремонтных работ.** Многокритериальные экономико-математические модели, реализуемые на основе методов искусственного интеллекта, помогают оптимизировать распределение ограниченных ресурсов для ремонта и восстановления инфраструктуры оросительных систем. Это позволяет достичь максимальной эффективности и рациональности в использовании средств.

3. **Визуализация данных на карте.** Наглядное отображение объектов инфраструктуры, включая информацию о потребителях и запланированных мероприятиях, создает целостную картину состояния оросительных систем.

Функциональные возможности АСУ «Техническое состояние» помогают выстраивать три уровня планирования ремонтно-восстановительных работ на оросительной системе:

- перспективное (стратегическое) необходимо для подготовки обоснований нового строительства, реконструкции и планов капитального ремонта ГТС;
- годовое (тактическое) служит для увязки мероприятий по технической эксплуатации с планами системного водопользования на год;

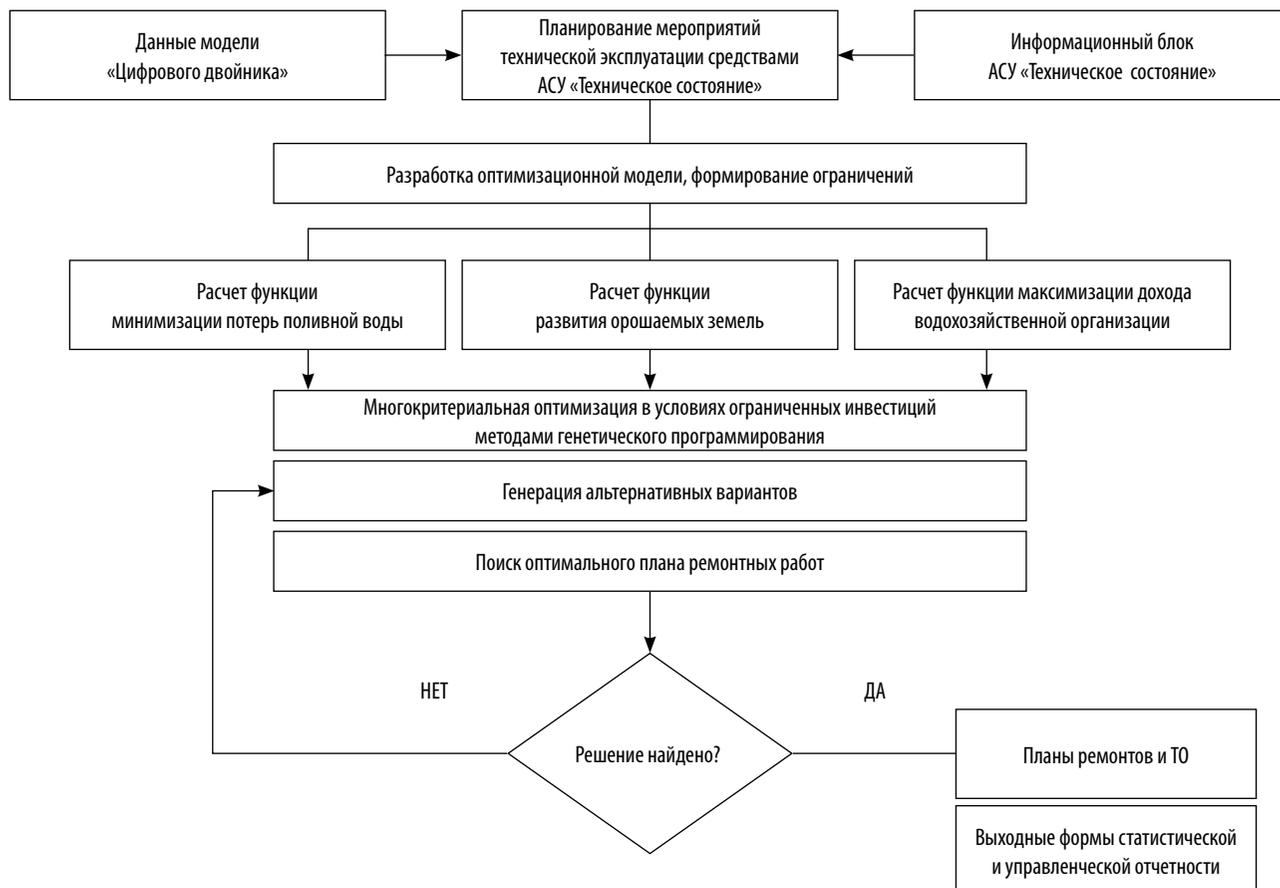


Рис. 1. Алгоритм автоматизированного планирования мероприятий технической эксплуатации межхозяйственной оросительной системы.

– текущее (оперативное) требуется для своевременного проведения аварийных ремонтов и оперативного перераспределения воды между хозяйствами – потребителями.

На рисунке 1 представлен алгоритм автоматизированного планирования мероприятий технической эксплуатации межхозяйственной оросительной системы средствами АСУ. Структура меню системы АСУ «Техническое состояние» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667866) включает разделы: справочники, сервис, отчеты, демонстрируется на рисунке 2.

Структурные элементы автоматизированной системы управления «Техническое состояние» включают базовые подсистемы «Справочники», «Сервис», «Отчеты», которые соответственно: обеспечивают доступ к справочной исходной информации (о типах и первичных данных технических объектов оросительной системы, водопотребителях и сельскохозяйственных культурах);

реализуют возможность распределения финансирования на ремонтно-восстановительные работы с учетом ограничений, используя оптимизацию нелинейной многокритериальной функции на основе генетического программирования; позволяют решать задачи, связанные с обработкой информации и получением выходных результатов, формировать обобщенные отчеты по объектам инфраструктуры ОС, водопотребителям и планируемыми мероприятиям технической эксплуатации.

Интеграция в структуру АСУ геоинформационной системы (ГИС) дает возможность управлять картографическими данными, а также атрибутивной информацией об инфраструктуре оросительных систем, эксплуатационных воздействиях, проведенных ремонтно-восстановительных работах, что способствует повышению эффективности управленческих решений.

Состав и структура системы «Техническая эксплуатация» в конфигурации «1С: Предприятие 8» приведены на рисунке 3.

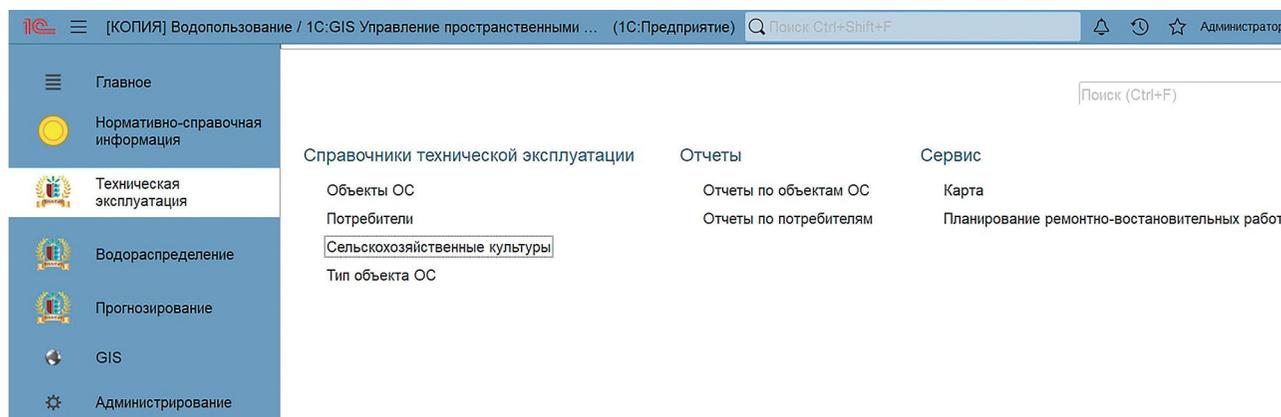


Рис. 2. Меню АСУ «Техническое состояние».

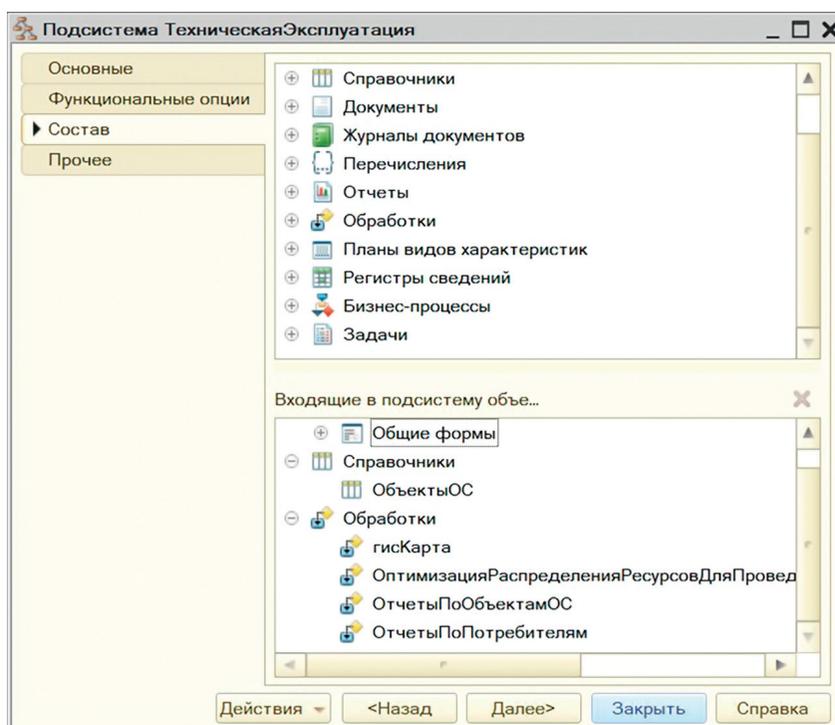


Рис. 3. Система «Техническая эксплуатация» в конфигурации «1С: Предприятие 8».

Раздел «Объекты ОС» подсистемы «Справочник» предназначен для ввода и хранения информации о характеристиках объектов инфраструктуры оросительной системы и связанных с ними элементов (рис. 4). В его составе сведения о типе объекта ОС, его геометрических параметрах, балансовой стоимости, степени износа, стоимости ремонтно-восстановительных работ, затратах на техническое обслуживание, датах последнего капитального ремонта и/или реконструкции,

а также другие технико-экономические показатели. Кроме того, указаны форма собственности, местоположение и другие важные характеристики объекта.

Для ввода исходной информации служат специальные формы, разработанные с учетом дружелюбности интерфейса. Такой интерфейс помогает пользователям легко работать с данными и выполнять необходимые действия. На рисунке 5 представлена в качестве примера форма для ввода информации об основных характе-

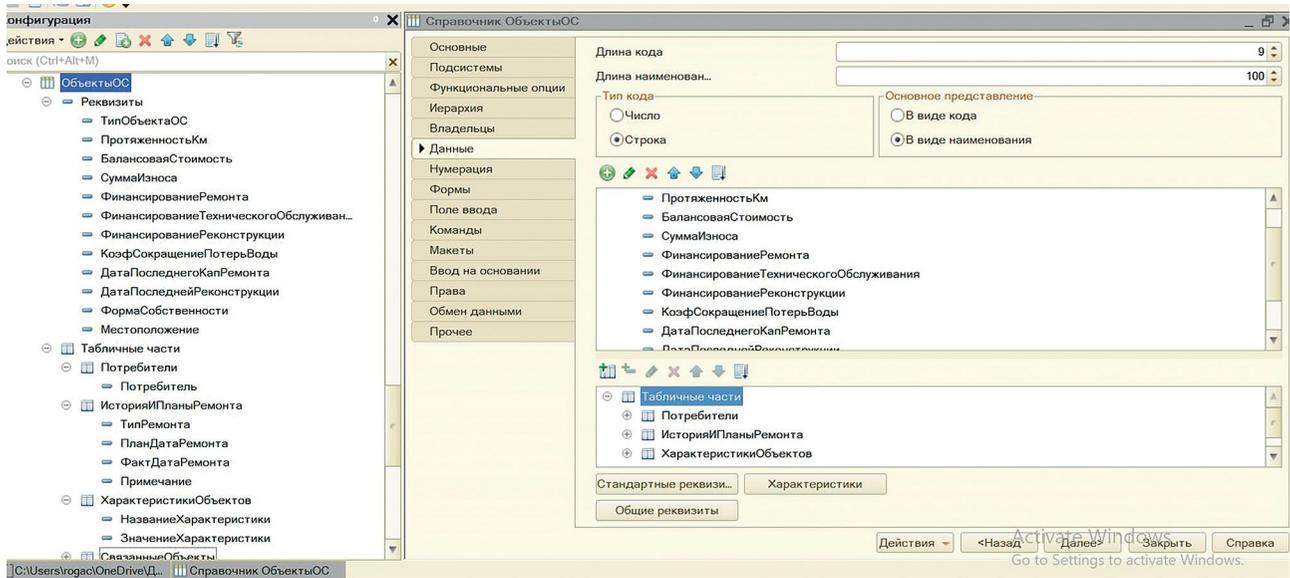


Рис. 4. Главная форма раздела «Объекты ОС».

☆ НС №1 (Объекты ОС) *

Тип объекта ОС:

Протяженность км. / количество шт.:

Балансовая стоимость (тыс.руб):

Сумма износа (тыс.руб):

Финансирование капитального ремонта (тыс.руб):

Финансирование технического обслуживания (тыс.руб):

Финансирование реконструкции (тыс.руб):

Сокращение потерь воды (доля к единице):

Дата последнего кап. ремонта:

Дата послдений реконструкции:

Форма собственности:

Местоположение:

Потребители | История и планы ремонта | **Характеристики объектов** | Связанные объекты

N	Тип ремонта	План дата ремонта	Факт дата ремонта	Примечание
1	Капитальный ремонт	15.05.2024		
2	Капитальный ремонт	16.07.2020	16.08.2020	
3	Реконструкция	12.02.2019	12.09.2019	

Рис. 5. Форма раздела «Объекты ОС» для ввода информации об основных характеристиках объекта и истории ремонтно-восстановительных работ.

ристиках объектов инфраструктуры и истории ремонтно-восстановительных работ раздела «Объекты ОС».

Аналогично главные формы и формы для работы с данными разработаны для разделов «Типы объектов ОС», «Потребители», «Сельскохозяйственные культуры». В разделе «Потребители» подсистемы «Справочник» содержатся сведения о площади орошаемых земель и структуре сельскохозяйственных культур на орошении, стоимости подачи воды и другие важные сведения, которые необходимы для управления техническим состоянием инфраструктуры оросительной системы.

Раздел «Сельскохозяйственные культуры» включает информацию об оросительной норме, урожайности, закупочной цене, затратах на производство и других данных, которые необходимы для решения производственных задач водопользования.

В разделе «Типы объектов ОС» находится вспомогательная информация о типах объектов, единицах измерения геометрических параметров.

Сведения справочников автоматически передаются и используются по запросу в подсистеме «Сервис» для моделирования альтернативных сценариев и оптимизации решений по распределению средств на ремонтно-восстановительные работы.

Подсистема «ГИС-визуализация» в рамках АСУ «Техническое состояние» применяется для решения следующих задач: визуализация технико-экономических показателей (состояние объектов, потери воды, количество отказов оборудования, дебиторская задолженность потребителей, удельная стоимость подачи воды и прибыль водохозяйственной организации); анализ технического состояния объектов с использованием методов искусственного интеллекта; мониторинг несанкционированных подключений; оценка мелиоративного состояния участков на основе данных о посевах; прогнозирование урожайности с помощью спутниковых снимков высокого разрешения и методов искусственного интеллекта.

Функциональные возможности разработанного прикладного решения «ГИС-визуализация» АСУ представлены на рисунке 6.

Подсистема состоит из разделов: управление пространственными данными (сбор, хранение и анализ пространственной информации); картографическая визуализация (представление пространственных данных в графическом формате); анализ пространственной ин-

фраструктуры; управление кадастровыми земельными участками (учет и контроль над распределением земель).

Решение интегрируется с электронными публичными сервисами, включая данные Росреестра и спутниковые снимки. Это позволяет использовать различные картографические подложки и специализированные слои информации в режиме реального времени. Интеграция с данными Росреестра обеспечивает доступ к материалам кадастрового деления непосредственно из АСУ, а также государственных электронных сервисов Росреестра, необходимых для осуществления ремонтно-восстановительных и эксплуатационных мероприятий. [9] На рисунке 7 демонстрируется пример интерфейса интеграции подсистемы «ГИС-визуализация» с данными участков из Росреестра.

Структура подсистемы «Отчеты», обеспечивающей решение задач, связанных с обработкой информации и подготовкой выходных результатов, включает разделы «Отчет по объектам», «Отчет по потребителям», «Оптимизация распределения ресурсов на ремонтно-восстановительные работы», «ГИС-Карта». Возможные форматы отчетов включают: текстовый, табличный, графический и визуализацию на схемах, картах и спутниковых снимках. Примеры выходных форм отчетных документов приведены на рисунках 8, 9.

Апробация программного комплекса АСУ «Техническое состояние» проведена на примере Краснодарской системы орошения в Республике Крым. Основные фонды этой системы изношены на 90% и более, водопроводящая сеть – 100%, насосные станции – 91%. [2] Результаты апробации показали, что использование АСУ «Техническое состояние» для планирования мероприятий технической эксплуатации оросительных систем с помощью метода многокритериальной оптимизации повышает качество управленческих решений, по сравнению с однокритериальными. Преимущество составляет до 11% из-за снижения издержек водохозяйственной организации, сокращения потерь воды, увеличения площади полива.

Выводы. В результате проведенного исследования была создана автоматизированная система управления АСУ «Техническое состояние» – важная составляющая общей автоматизированной системы управления водопользованием на межхозяйственных оросительных системах АСУ «Водопользование ОС». Разработка предназначена для контроля, оценки и планирования мероприятий по улучшению технического состояния



Рис. 6. Меню подсистемы «ГИС-визуализация» АСУ «Техническое состояние ОС».

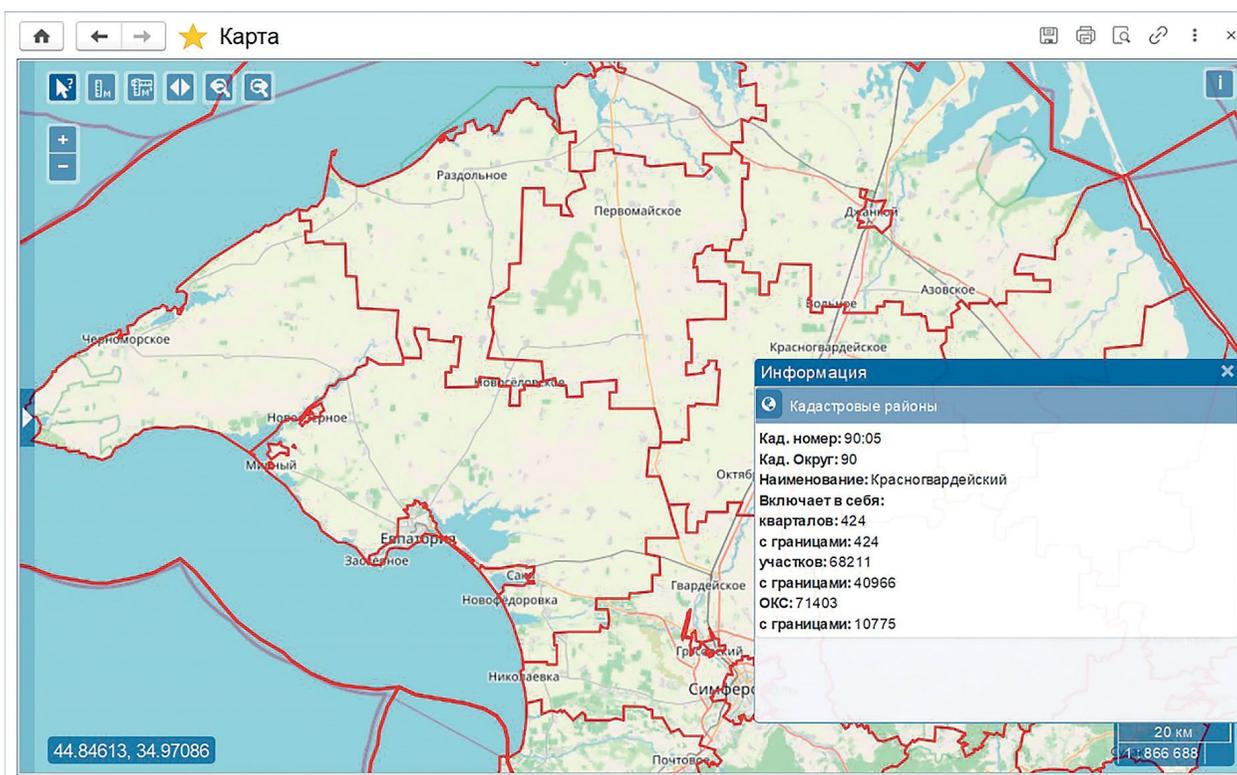


Рис. 7. Пример использования данных Росреестра в подсистеме «ГИС визуализация» на Красногвардейской оросительной системе (Республика Крым).

Скриншот интерфейса системы управления пространственными данными. В центре экрана отображена таблица с балансовыми показателями объектов эксплуатации. Таблица имеет 7 столбцов: № п.п., Наименование показателей, Ед. измерения, Кол-во, Требуется кап.ремонта, Балансовая стоимость, тыс.руб., Стоимость износа, тыс.руб.

№ п.п.	Наименование показателей	Ед. измерения	Кол-во	Требуется кап.ремонта	Балансовая стоимость, тыс.руб.	Стоимость износа, тыс.руб.
5	Межхозяйственные каналы, облицованные	Км	27	2	3 847	1 954
6	Сооружения на МК и межхо-зяйственных каналах (кроме выделов воды в хозяйства)	Шт	31	2	908,45	456,3
7	Напорный трубопровод	Км	68,69	65,69	66 432	30 388
8	Насосные станции	Шт	22	7	4 318	2 080
9	Трансформаторные подстанции	Шт	1		2 332	1 856
10	Мосты и переезды	Шт	1		1 921	826
11	Водосборно-сбросная сеть	Км	7,4		162,3	75
12	Межхозяйственные закрытые каналы	Км	5,86		9 284,23	4 828,64

Рис. 8. Балансовые показатели объектов эксплуатации (раздел «Отчет по объектам»).

инфраструктуры мелиоративного водохозяйственного комплекса.

В исследованиях процессов технической эксплуатации объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса использованы информационно-аналитический подход, математическое моделирование, методы искусственного интеллекта и модели геоинформационной визуализации. Распределение инвестиций на ремонтно-восстановительные работы в напряженных условиях эксплуатации ОС предлагается с помощью модели многокритериальной оптимизации. Решение основывается на оценке текущего и прогнозируемого состояния водопроводящей сети и сооружений на ней.

Для решения задачи планирования мероприятий по улучшению технического состояния ОС необходимо учитывать стоимость работ, площадь орошения, снижение потерь воды и финансовый результат водохозяйственной организации от реализации мероприятий технической эксплуатации. Оптимизация целевой функции осуществляется методом эволюционно-генетического программирования.

В условиях растущей потребности в ремонтно-восстановительных мероприятиях объектов инфраструктуры оросительных систем, сформировавшейся в 60-х годах XX столетия, ключевым фактором повышения эффективности водопользования становится цифровизация управления технической эксплуатацией

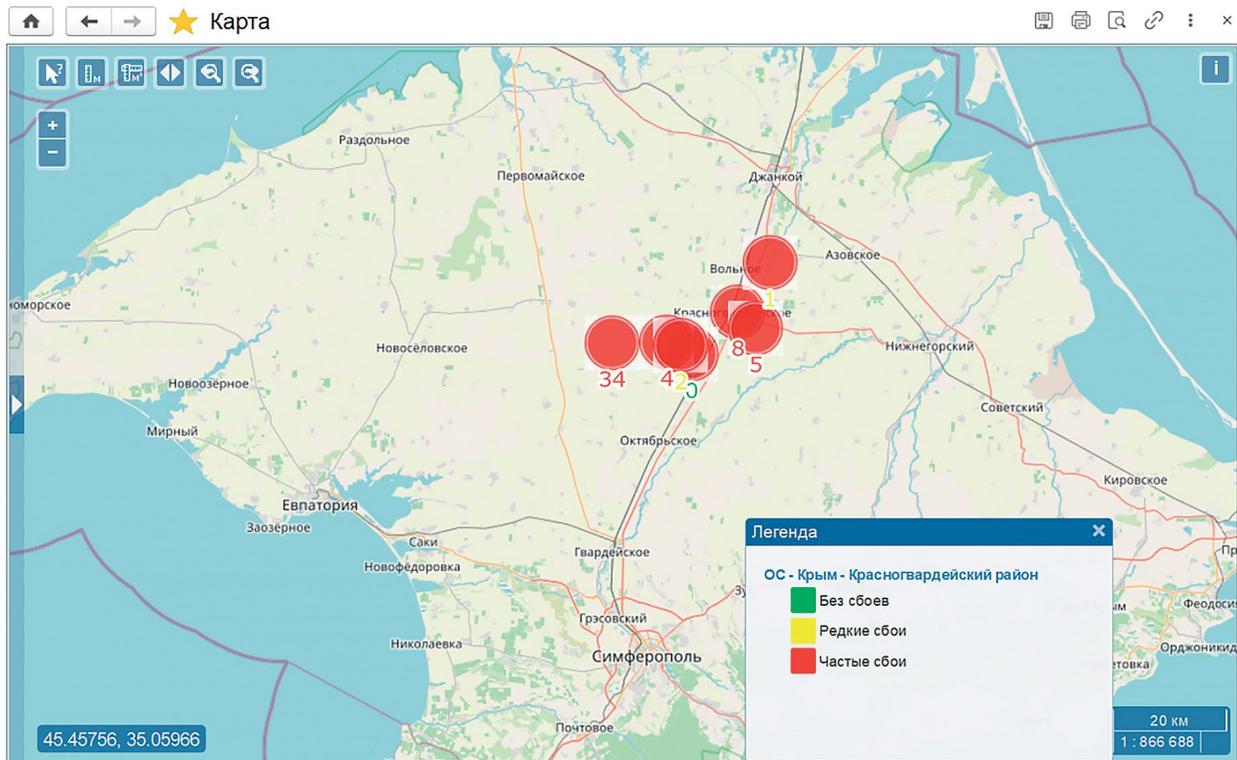


Рис. 9. Визуализация данных по количеству отказов объектов инфраструктуры (раздел «ГИС-Карта»).

с использованием компьютерных систем поддержки принимаемых решений. Значимость такого подхода возрастает в условиях недостаточных инвестиций в развитие инфраструктуры ОС.

Таким образом, внедрение и использование системы управления техническим состоянием оросительных систем АСУ «Техническое состояние» в практику мелиоративного водохозяйственного комплекса может способствовать становлению устойчивого и рационального водопользования на орошении.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Альт В.В., Исакова С.П. Планирование производства продукции растениеводства с применением цифровых технологий // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. № 3. С. 12–19. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-3-12-19>
2. Годовой отчет по технической эксплуатации за 2022 год Красногвардейского филиала. Раздел II. Водопользование и гидрометрия. Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации».
3. Жезмер В.Б., Адыяев С.Б., Шабанов Р.М. Алгоритм анализа гидромелиоративной системы с целью выявления причин снижения эксплуатационной надежности и производительности // *Природообустройство*. 2023. № 1. С. 54–61. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-54-61>
4. Исаева С.Д., Дедова Э.Б., Матвеев А.В. и др. Интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом: монография. М.: ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2024. 204 с.
5. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И.В., Дезюра С.Д. и др. Система интегральных показателей оценки эффективности водопользования // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019. № 1(33). С. 139–152. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-1-139-152>
6. Погодин Н.Н., Анженков А.С., Болбышко В.А., Закржевский В.П. Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети. Минск: Беларуская навука, 2022. 154 с. ISBN 978-985-08-2898-9.
7. Рогачев Д.А. Оптимизация мероприятий технической эксплуатации оросительных систем методами искусственного интеллекта // *Природообустройство*. 2024. № 4.
8. Рогачев Д.А., Юрченко И.Ф., Рогачев А.Ф. Управление системным водораспределением на основе экономико-математического моделирования и методов искусственного интеллекта // *Мелиорация и гидротехника*. 2023. Т. 13. № 3. С. 87–106. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-87-106>
9. Росреестр РФ. Электронные услуги и сервисы [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/eservices/> (дата обращения 25.06.24).
10. 1С:Предприятие [Электронный ресурс]. URL: <https://v8.1.c.ru/tekhnologii/overview/> (дата обращения 25.06.24).
11. Щедрин В.Н., Васильев С.М., Слабунов В.В. и др. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» // *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2020. № 1. С. 53–64. EDN: FAWTUT. <https://doi.org/10.14357/20718632200106>
12. Юрченко И.Ф., Злодеев Ю.Г., Ялалова Г.Х. Правила планирования мероприятий технической эксплуатации оросительных систем // *Научно-технические достижения и разработки ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» (2016–2021 гг.)*. Сборник научных трудов. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2021. С. 14–16.

REFERENCES

1. Al't V.V., Isakova S.P. Planirovanie proizvodstva produkcii rastenievodstva s primeneniem cifrovyykh tekhnologiy // Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2022. T. 16. № 3. S. 12–19.
<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-3-12-19>
2. Godovoy otchet po tekhnicheskoy ekspluatatsii za 2022 god Krasnogvardejskogo filiala. Razdel II. Vodopol'zovanie i gidrometriya. Gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie Respubliki Krym «Krymskoe upravlenie vodnogo hozyajstva i melioratsii».
3. Zhezmer V.B., Ad'yaev S.B., Shabanov R.M. Algoritm analiza gidromeliorativnoy sistemy s cel'yu vyyavleniya prichin snizheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti i proizvoditel'nosti // Prirodoobustrojstvo. 2023. № 1. S. 54–61.
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-54-61>
4. Isaeva S.D., Dedova E.B., Matveev A.V. i dr. Intellektual'naya sistema podderzhki prinyatiya reshenij dlya upravleniya meliorativno-vodohozyajstvennym kompleksom: monografiya. M.: FGBNU «FNC VNIIGiM im. A.N. Kostyakova», 2024. 204 s.
5. Ol'garenko V. I., Ol'garenko I.V., Dezyura S.D. i dr. Sistema integral'nykh pokazatelej ocenki effektivnosti vodopol'zovaniya // Nauchnyy zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. 2019. № 1(33). S. 139–152.
<https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-1-139-152>
6. Pogodin N.N., Anzhenkov A.S., Bolbyshko V.A., Zakrzhevskij V.P. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya zakrytoj meliorativnoy seti. Minsk: Belaruskaya navuka, 2022. 154 s. ISBN 978-985-08-2898-9.
7. Rogachev D.A. Optimizatsiya meropriyatij tekhnicheskoy ekspluatatsii orositel'nykh sistem metodami iskusstvennogo intellekta // Prirodoobustrojstvo. 2024. № 4.
8. Rogachev D.A., Yurchenko I.F., Rogachev A.F. Upravlenie sistemnym vodoraspredeleniem na osnove ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya i metodov iskusstvennogo intellekta // Melioratsiya i gidrotekhnika. 2023. T. 13. № 3. S. 87–106.
<https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-87-106>
9. Rosreestr RF. Elektronnyye uslugi i servisy [Elektronnyj resurs]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/eservices/> (data obrashcheniya 25.06.24).
10. IS:Predpriyatie [Elektronnyj resurs]. URL: <https://v8.1.c.ru/tekhnologii/overview/> (data obrashcheniya 25.06.24).
11. Shchedrin V.N., Vasil'ev S.M., Slabunov V.V. i dr. Podhody k formirovaniyu informacionnoy sistemy «Cifrovaya melioratsiya» // Informacionnyye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. 2020. № 1. S. 53–64. EDN: FAWTUT.
<https://doi.org/10.14357/20718632200106>
12. Yurchenko I.F., Zlodeev Yu.G., Yalalova G.H. Pravi-la planirovaniya meropriyatij tekhnicheskoy ekspluatatsii orositel'nykh sistem // Nauchno-tekhnicheskie dostizheniya i razrabotki FGBNU «VNIIGiM im. A. N. Kostyakova» (2016–2021 gg.). Sbornik nauchnykh trudov. M.: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrotekhniki i melioratsii imeni A.N. Kostyakova, 2021. S. 14–16.

*Поступила в редакцию 24.01.2025
Принята к публикации 07.02.2025*

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ ОСНОВЫ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Юрий Иванович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук
Юлия Дмитриевна Смирнова, кандидат биологических наук
Ольга Николаевна Анциферова, кандидат сельскохозяйственных наук
Наталья Константиновна Первушина
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: vniimz@list.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2011–2023 годах на агрополигоне Губино Всероссийского НИИ мелиорируемых земель (Тверская обл.). Цель работы – установить влияние погодных условий и отдельных технологических приемов на продуктивность и структуру урожая яровой пшеницы в условиях Нечерноземной зоны. Основные опыты проходили на осушаемом и переувлажняемом (не дренированном) участках с тремя вариантами технологий (экстенсивная – без удобрений, среднеинтенсивная – нормальная и интенсивная). В дополнительных опытах изучали эффективность щелевания почвы, гребнистой вспашки и гребнистого посева яровой пшеницы. Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, окультуренная. Установлено, что на временно переувлажняемых землях основные направления интенсификации земледелия – их дренирование и применение удобрений. При совместном действии этих факторов урожайность яровой пшеницы возрастает более чем в два раза. Долевое участие минеральных удобрений в суммарном приросте урожая составило 77,9–84,9%, дренажа – 15,1–22,1%. Структурная модель биологической продуктивности яровой пшеницы с урожайностью 5,0 т/га представляет собой посев с плотностью стеблестоя 500 и более колосьев/м² при массе зерна в колосе более 1,0 г. Под влиянием неблагоприятных погодных условий количество стеблей с колосом снижалось на 25,9%, число зерен в колосе – 17,9, масса 1000 зерен – 30,4%. Применение удобрений оказывает большее влияние на увеличение числа зерен в колосе, агрономические приемы обработки почвы и посева – на увеличение плотности продуктивного стеблестоя. Включение в технологические регистры возделывания яровой пшеницы агрономических технологий и приемов обработки, направленных на улучшение агрофизического состояния почвы, следует рассматривать в качестве важного элемента их адаптации к агроэкологическим условиям осушаемых земель.

Ключевые слова: яровая пшеница, осушение, удобрения, объемное щелевание, гребнистая вспашка, способы посева, урожайность, структура урожая

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS AND TECHNOLOGICAL METHODS ON THE SPRING WHEAT CROP STRUCTURAL BASIS FORMATION

Yu.I. Mitrofanov, *PhD in Agricultural Sciences*
Yu.D. Smirnova, *PhD in Biological Sciences*
O.N. Antsiferova, *PhD in Agricultural Sciences*
N.K. Pervushina

Federal Research Center “V.V. Dokuchaev Soil Institute”, Moscow, Russia
E-mail: vniimz@list.ru

Abstract. Studies were conducted in 2011–2023. In field experiments at the Gubino of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (Tver region). The purpose of the research is to establish the impact of weather conditions and individual technological techniques on the productivity and structure of the harvest of spring wheat in the conditions of a Non-Black Earth Zone. The main studies were conducted on a drained and waterproof (not drained) areas in experience with three technologies (extensive – without fertilizers, medium-intensity – normal and intense). In additional experiments, the effectiveness of the gapping of the soil, crested plowing and crested sowing of spring wheat was studied. The soil under the experiments is sod-podzolic, light-drying gleyed, cultivated. Studies have established that on temporarily overlapped lands the main directions of intensification of agriculture are their drainage and use of fertilizers. With the joint action of these factors, the yield of spring wheat increases by more than 2 times. The shared participation of mineral fertilizers in the total growth of the crop of spring wheat was 77.9–84.9%, drainage – 15.1–22.1%. The structural model of biological productivity of spring wheat with a crop level of more than 5.0 tons of grain per 1 ha is a sowing with a density of stem 500 or more ears per 1 m² with a grain mass in a ear of more than 1.0 g. Under the influence of adverse weather conditions, the number of stems with the spike was reduced by 25.9%, the number of grains in the spike – 17.9%, the mass of 1000 grains – 30.4%. The use of fertilizers has a more significant impact on the increase in the number of grains in the spike, agromeliorative techniques for soil processing and sowing – on an increase in the density of productive stem. The inclusion of agromeliorative technologies and processing techniques aimed at improving the agrophysical state of the soil to the technological registers of the cultivation of spring wheat should be considered as an important element of their adaptation to the agroecological conditions of drained lands.

Keywords: spring wheat, drainage, fertilizers, volumetric slitting, ridge plowing, sowing methods, yield, crop structure

Продуктивность зерновых культур – результат сложного взаимодействия и участия в формировании урожая множества факторов. [6, 11, 12] Их посе- вы – биологические саморегулирующиеся системы

с определенными параметрами развития, которые могут быть представлены в виде структурных моделей. Процесс формирования высокопродуктивных посевов зерновых культур заключается в оптимизации параме-

тров урожая, установлении наиболее благоприятного сочетания основных природных факторов и приемов целенаправленного технологического воздействия на посев, при которых в конкретных агроэкологических, почвенно-климатических условиях обеспечивается максимальная, экономически целесообразная продуктивность. [2, 8, 15] Наличие структурных моделей формирования посевов позволяет контролировать и корректировать производственный процесс, эффективно использовать имеющиеся ресурсы, значительно снизить затраты на возделывание зерновых культур.

Уровень урожая зерновых культур зависит от трех основных параметров, составляющих структуру урожая: количества продуктивных стеблей на 1 м², колосков и зерен в колосе, массы 1000 зерен. На них могут влиять почвенно-мелиоративные и погодные условия, технологические факторы (предшественники, обработка почвы, сроки и способы посева, глубина заделки семян, удобрения), биологические и сортовые особенности культур, болезни и вредители растений и другое. [2, 5, 7, 8, 14]

Цель работы – установить особенности влияния агроэкологических и технологических факторов на формирование структурных параметров продуктивности яровой пшеницы на осушаемых землях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2011–2023 годах на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Тверская обл.). В основном опыте продуктивность и структуру урожая яровой пшеницы изучали на осушаемом и переувлажняемом (не дренированном) участках с тремя вариантами технологий: 1 – без удобрений (экстенсивная), 2 – N₄₅P₁₅K₄₅ (среднеинтенсивная – нормальная), 3 – N₉₀P₃₀K₉₀ (интенсивная). В дополнительных опытах оценивали эффективность приемов обработки почвы и способов посева яровой пшеницы. Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, хорошо окультуренная средне- и слабокислая с высоким содержанием подвижного фосфора, повышенным – калия, количеством гумуса – 2,23...2,70%. Осушение осуществлено закрытым дренажом (междреннее расстояние – 20...22 м, глубина заложения дрен – 0,9...1,2 м) в 1984 году. В основном опыте яровую пшеницу размещали после картофеля в плодосменном севообороте с чередованием культур: клеверный пар – озимая рожь (озимая тритикале) – картофель – яровая пшеница с подсевом клевера. Минеральные удобрения по вариантам включали согласно схемы опыта в виде азофоски, аммиачной селитры и хлористого калия. В технологических опытах с обработкой и способами посева предшественниками яровой пшеницы были озимая рожь и картофель, минеральные удобрения (N₅₀P₅₀K₅₀) вносили перед посевом.

Выращивали районированные сорта яровой пшеницы *Иргина* (2011–2019 годы) и *Злата* (2020–2023). Способ посева в основном опыте – сеялкой СЗ-3,6, в технологических – гребне-катковой СЗГК-3,6. Норма высева семян – 6,0 млн/га всх. зерен, повторность трех-четырёхкратная. Общая площадь делянок – 100...430 м², учетная – 40...50 м². Анализы и наблюдения проводили по общепринятым в земледелии методикам, статистическую обработку – по Б.А. Доспехову. Метеоусловия во время вегетации в годы исследований

различались, прежде всего, по количеству осадков. Согласно ГТК Селянинова 2011, 2015–2019 и 2022 годы – влажные (1,24...1,79), 2012 и 2020 – избыточно влажные (2,10...2,22), 2013, 2014 и 2021 – засушливые (0,91...0,99).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из технологических приемов основная роль в интенсификации земледелия в Нечерноземной зоне РФ и повышении урожайности зерновых культур принадлежит удобрениям. В основном опыте при осушении и удобрении урожайность яровой пшеницы на временно переувлажняемой глееватой почве увеличилась в 2,31 раза (рис. 1). Под влиянием только дренирования, без удобрений, ее урожайность повысилась на 17,9%, под действием удобрений (на осушаемом фоне) – на 53,3% при средних нормах и 84,9% – высоких. При нормальной технологии возделывания яровой пшеницы с помощью минеральных удобрений сформировалось 79,1% суммарного прироста урожая, с осушением – 20,9%, при интенсивной технологии – 84,9 и 15,1% соответственно. Осушение повышает эффективность удобрений, прирост урожая яровой пшеницы – 15,8...22,4%, в зависимости от норм их внесения.

Дренирование переувлажняемых почв и применение удобрений, как показали исследования, не решают в полном объеме проблему устойчивости земледелия на осушаемых землях. В условиях интенсивного земледелия продуктивность растений связана, чаще всего, с погодным фактором, определяющим агроэкологическое состояние почвенной среды, обеспеченность растений в период вегетации гидротермическими ресурсами. Вариабельность урожаев яровой пшеницы по годам в опыте составила 28,4%. Сумма температур за май – июль (основные месяцы вегетации пшеницы) выше 10°С по годам колебалась от 1052 до 1606°С, осадков – 124...353 мм, ГТК – 0,87...2,78. Наиболее тесно урожайность яровой пшеницы коррелировала с гидротермическими ресурсами мая. При интенсивной технологии коэффициент корреляции ее урожайности с погодными условиями (по ГТК Селянинова) в мае составил 0,60, мае-июне – 0,43, июле – 0,28. В годы



Рис. 1. Влияние осушения и удобрений на продуктивность яровой пшеницы при выращивании на дерново-подзолистой глееватой почве, среднее за 2011–2021 годы.

проведения исследований ГТК в мае 0,22...3,90, мае-июне – 0,76...3,44, июле – 0,87...3,08. В отдельные годы почвенными факторами, действующими на формирование продуктивности пшеницы, были как избыточное увлажнение и нарушение воздушного режима в корнеобитаемом слое в период вегетации, так и дефицит продуктивной влаги. Погодные условия существенно влияли на продолжительность вегетационного периода яровой пшеницы (от появления всходов до созревания), по годам она изменялась от 70 (2018 год) до 97 дн. (2017). Установлено, что между продолжительностью вегетационного периода и биологической урожайностью пшеницы существует прямая связь. Коэффициент корреляции составил 0,93. В годы с более длительным вегетационным периодом урожайность яровой пшеницы была выше (рис. 2).

В среднем за 13 лет в варианте с интенсивной технологией биологическая урожайность зерна составила 5,63 т/га, в зависимости от погодного фактора она изменялась от 3,57 до 7,47 т/га.

Для проведения сравнительного структурного анализа урожая разных лет за контроль были приняты средние пятилетние данные (ГТК – 1,65) с про-

дуктивностью и параметрами структуры урожая близкими к многолетним значениям (см. таблицу). Урожайность яровой пшеницы по годам тесно связана с ее структурными показателями. Количество продуктивных стеблей на 1 м² колебалось от 355 до 645 шт. (средний показатель за 13 лет – 501 шт./м²), число зерен в колосе – 25,6...36,8 шт. (31,3 шт.), масса 1000 зерен – 25,0...37,6 г (35,9 г), масса зерна в колосе – 0,81...1,38 г (1,12 г).

Установлено, что долевое участие отдельных структурных элементов в формировании урожая изменяется от погодных условий. Хорошие, практически равные урожаи яровой пшеницы могут быть в посевах с разными моделями их продуктивности. В 2017 году высокая биологическая урожайность зерна (7,47 т/га) была получена при увеличенном на 34,6%, по сравнению с контролем, количестве стеблей с колосом (645 шт./м²).

Оно связано с гидротермическими особенностями первой части (всходы – колошение) вегетационного периода, когда формируются основные параметры стеблестоя. Развитие растений проходило при пониженных температурах воздуха и повышенной обеспеченности осадками. Средняя температура воздуха с 20 мая по 10 июля была ниже среднемноголетней на

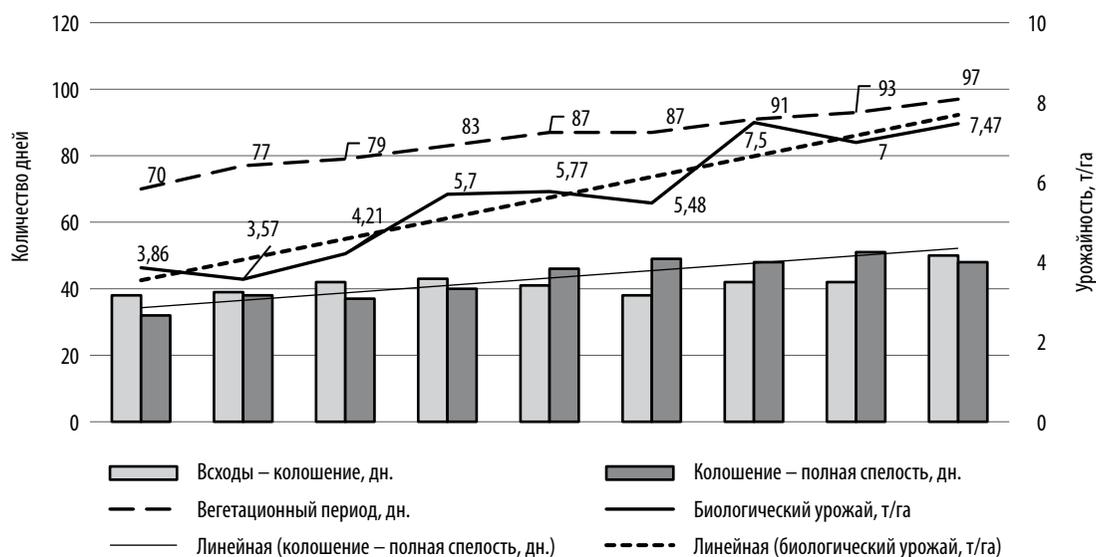


Рис. 2. Продолжительность вегетационного периода и урожайность яровой пшеницы.

**Структура урожая яровой пшеницы
(осушаемая почва, интенсивная технология, 2011–2019 годы – сорт Иргина, 2020–2023 – Злата)**

Биологическая урожайность, т/га	Количество стеблей с колосом, шт./м ²	Коэффициент продуктивной кустистости	Число зерен в колосе, шт.	Масса, г		Годы
				1000 зерен	зерна в колосе	
3,57	355	1,00	31,6	31,8	1,00	2016
3,86	475	1,01	32,3	25,0	0,81	2018
4,29	492	1,19	25,7	34,2	0,88	2011, 2021
5,47 (среднее за 5 лет – контроль)	479	1,19	31,4	36,9	1,15	2012, 2013, 2019, 2020, 2023
7,00	506	1,13	36,8	37,6	1,38	2015
7,47	645	1,50	30,9	37,5	1,16	2017
5,63 (среднее за 13 лет)	501	1,17	31,3	35,9	1,12	2011–2023

2,2°C, осадков выпало 156% нормы, ГТК – 2,87. В этих условиях продолжительность первой части вегетации растений, по сравнению с контрольным вариантом, увеличилась на 30,4% из-за продления фазы стеблевания. Погодные условия были благоприятными для процессов кущения – стеблевания и хорошей сохранности стеблестоя. Коэффициент продуктивной кустистости составил 1,50, при среднем – 1,17. Влажность почвы в основные фазы развития растений находилась в пределах 67,8...92,8%.

В 2015 году, в отличие от 2017, такой же уровень урожайности (7,0 т/га) был получен при средней плотности продуктивного стеблестоя – 506 шт./м². Общий прирост урожая в этом году на 1,53 т/га (75,8%) сформировался из-за увеличения продуктивности колоса, участие продуктивных стеблей в приросте урожая – 24,2%. Масса зерна в колосе (1,38 г), по сравнению с контролем, увеличилась на 0,23 г, основной прирост произошел из-за роста числа зерен в колосе с 31,4 до 36,9 шт. (17,5%). Погодные условия в 2015 году характеризовались периодической сменой засушливых периодов (ГТК – 0,25...0,84) с влажными или избыточно влажными (2,20...3,73). Такой гидротермический режим оказался благоприятным для формирования всех элементов структуры урожая, особенно числа зерен в колосе. Влажность почвы в основные фазы развития растений – 43...74% (среднее – 53,0%).

Существенное снижение биологической продуктивности посевов яровой пшеницы в отдельные годы также связано с критическим воздействием метеоусловий на отдельные элементы структуры урожая и значительным отклонением их параметров от оптимальных. В 2016 году причиной относительно невысокой биологической урожайности пшеницы – 3,57 т/га (65,3% к контролю) стала пониженная плотность продуктивного стеблестоя. Количество стеблей с колосом в структуре урожая составляло 355 шт./м² (74,1% к контролю). В общем снижении урожайности потери из-за недостаточной плотности продуктивного стеблестоя – 75,3%, уменьшения массы 1000 зерен – 24,7%. Снижение количества стеблей с колосом на единице площади стало следствием негативного влияния метеоусловий на развитие растений в период прохождения ими фаз, ответственных за формирование продуктивного стеблестоя (прорастание семян, кущение растений, стеблевание и колошение). Развитие посевов проходило с задержкой во времени в условиях повышенных температур и дефицита осадков, что стало причиной снижения полевой всхожести семян, интенсивности кущения растений и изреживания стеблестоя (рис. 3).

В 2011 и 2021 годах снижение урожая яровой пшеницы произошло из-за низких значений числа зерен в колосе. При среднем количестве – 31,3 шт., в эти годы их число уменьшилось до 25,7 шт. (17,9%). В основном из-за этого, масса зерна в колосе уменьшилась до 0,88 г (76,5%), а урожайность на 1,18 т/га, по отношению к контрольному варианту. Долевое участие числа зерен в снижении продуктивности колоса составило 75,0%, массы 1000 зерен – 25,0%. Показатели количества стеблей с колосом на единице площади практически соответствовали контрольным параметрам. Снижение количества зерен в колосе стало следствием негативного воздействия на растения погодных условий (высокие температуры воздуха, засушливость IV декады

мая и I июня, избыточное увлажнение в конце июня – начале июля) в период прохождения ими фаз развития, участвующих в формировании параметров озерненности колоса (кущение, стеблевание, цветение). Гидротермические ресурсы 2011 года показаны на рисунке 3. Влажность почвы в основные фазы развития растений – 27,4...74,8% (среднее – 59,7%).

В 2018 году причиной снижения биологической продуктивности яровой пшеницы стали плохие погодные условия на заключительных этапах вегетации – дефицит осадков и высокая температура воздуха, которая начиная со II декады июля и до конца августа, превышала среднемноголетнюю норму на 2,2...3,0°C. Количество осадков – 24...94% нормы, ГТК – 0,87. Высокая температура воздуха в период вегетации существенно ускорила процесс развития растений, его продолжительность сократилась на 33,2%. В результате масса 1000 зерен снизилась на 30,4% – 25,0 г (средняя за 13 лет – 35,9 г), урожайность – на 1,61 т/га (29,5%). Влажность почвы в основные фазы развития растений – 53,5...70,6%.

Сформированные в условиях конкретных лет параметры структурных критериев продуктивности растений и агроценозов – результат сложного взаимодействия агроэкологических, почвенных и технологических факторов. Их влияние на формирование посевов и продуктивность растений зависит от состояния питательного и водно-воздушного режимов пахотного слоя почвы.

Применение удобрений – один из основных технологических приемов успешного действия на формирование всех структурных элементов урожая. [3, 13] В среднем за 10 лет на осушаемом участке количество продуктивных стеблей у яровой пшеницы под влиянием удобрений увеличилось на 66 шт./м² (18,6%), количество зерен в колосе – 9,3 шт. (40,6%), масса 1000 зерен – 2,7 г (8,5%). Повышение биологической урожайности на фоне удобрений (2,09 т/га) произошло, прежде всего, из-за увеличения массы зерна в колосе – долевое участие этого показателя в приросте урожая составило 65,0% (37,4...86,3%). Доля продуктивных стеблей в увеличении урожая была также высокой – 35,0% (13,8...62,6%). Наибольшая масса зерна в колосе на фоне удобрений сформировалась за счет числа зерен – их долевое участие в среднем 84,2% (74,1...100,0%), от повышения массы 1000 зерен – 15,8% (0...25,7%). Таким образом, рост урожайности яровой пшеницы (54,6%) под влиянием удобрений связан, в первую очередь, с числом зерен в колосе. Затем, в порядке значимости, в повышении урожайности участвовали показатели количества продуктивных стеблей и массы 1000 зерен. Наиболее устойчивое воздействие удобрений на улучшение параметров структуры урожая наблюдали во влажные годы.

На переувлажняемых почвах важная роль в формировании зерновых агроценозов с устойчивыми структурными параметрами их продуктивности принадлежит приемам агромелирации, действие которых направлено на улучшение водно-воздушного режима почвы. [1, 4, 10] Это объемное шелевание, гребневание в системе зяблевой обработки почвы и ленточно-разбросной способ посева ее на профилированной поверхности.

Технология объемного шелевания почвы предусматривает формирование широких щелей (16 см) на

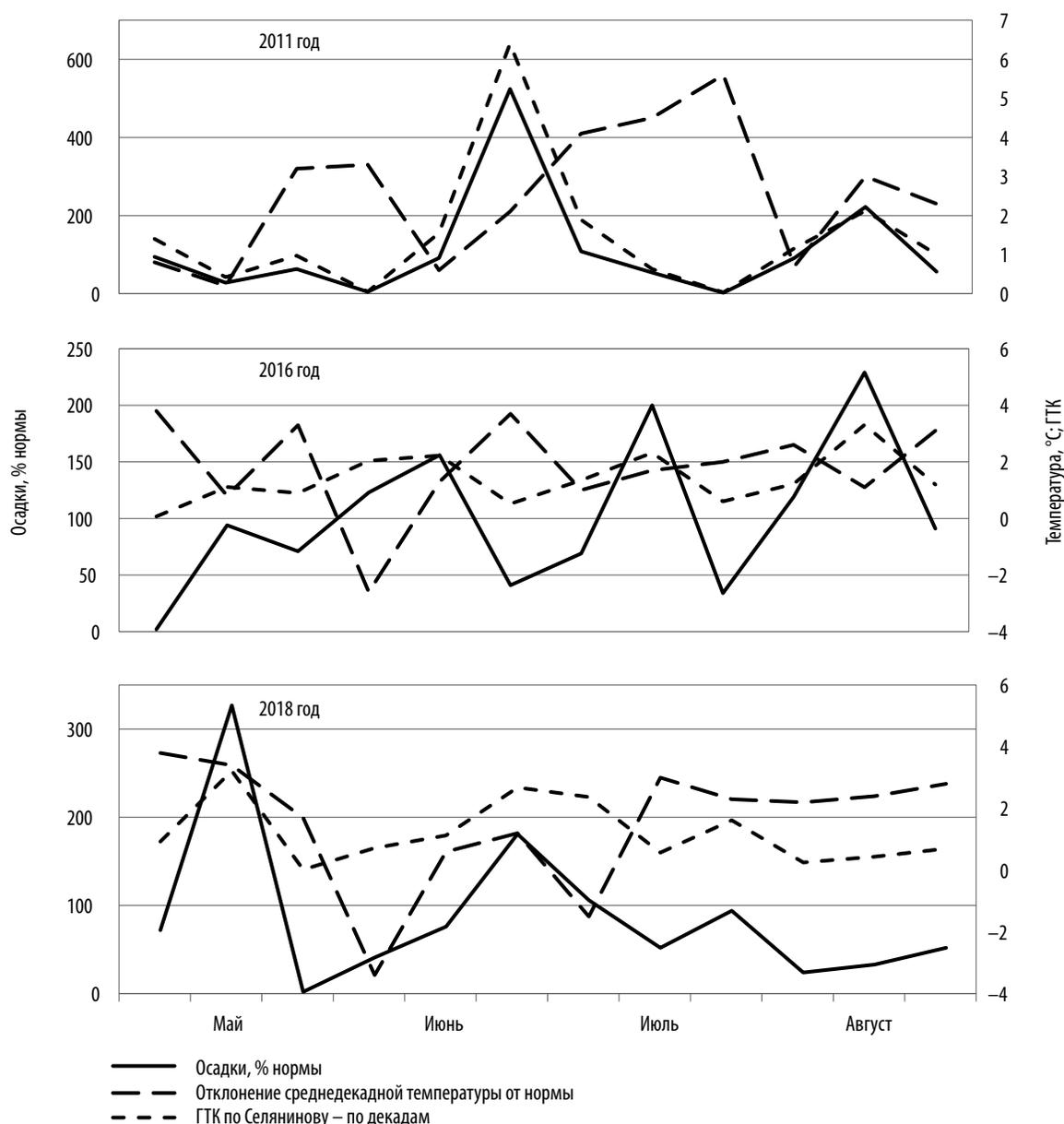


Рис. 3. Метеоусловия в годы с критическим отклонением структурных элементов урожая от оптимальных значений.

глубине 45...50 см с заполнением подпахотной части (30...50 см) измельченной соломой, растительными остатками в смеси с гумусовым слоем. [10] На яровой пшенице действие щелевания отмечали в течение первых четырех лет после его проведения, эффективными оказались оба способа (поперек и вдоль расположения дренажных линий). В среднем за четыре года прибавка урожая составила 18,6% и была образована с участием всех основных элементов продуктивности. Количество продуктивных стеблей в среднем увеличилось на 14,9%, число зерен в колосе – 7,3, масса 1000 зерен – 5,1, масса зерна в колосе – 12,7, прирост урожая составил 56,8, 29,8%, 13,4 и 43,2% соответственно.

Гребневание в системе зяблевой обработки почвы проводят для устранения переувлажнения пахотного слоя в осенний и ранневесенний периоды вегетации, более равномерного просыхания почвы весной, ускорения сроков наступления мягкопластичного состояния и физической спелости, повышения качества сева, улучшения водно-воздушного режима,

повышения урожайности и экономической эффективности выращивания ранних яровых культур. Урожайность яровой пшеницы, в среднем за три года, при гребнистой вспашке была выше на 0,40 т/га (14,4%), по сравнению с обычной. Наиболее высокие относительные прибавки урожая были получены в годы с избыточно-влажными условиями в первой половине вегетации яровой пшеницы (май и июнь). Весь прирост урожая в варианте с гребнистой вспашкой, по сравнению с гладкой, получен благодаря увеличению количества стеблей с колосом. Близкие результаты по структурным изменениям в урожае наблюдали при замене обычного способа посева зерновых культур на гребнистый ленточно-разбросной, выполняющий важную функцию в технологической и биологической адаптации технологии возделывания яровой пшеницы к агроэкологическим условиям осушаемых земель. Его технологическая схема предусматривает рассев семян на выровненную поверхность, вдавливание их катками в почву и закрытие загорточками нагребани-

ем почвы на ленту с формированием гребней высотой 40...80 мм. Установлено, что в условиях Центральной части Нечерноземной зоны применение гребнистого ленточно-разбросного способа посева повышает полевую всхожесть семян, выживаемость, сохранность, фотосинтетическую активность растений и урожайность зерновых культур. [9] Урожайность зерна яровой пшеницы повышалась на 0,45 т/га (13,7%) в среднем четыре года. В структурном отношении увеличение урожая произошло, в основном, из-за большего количества продуктивных стеблей на единице площади при практически равной продуктивности колоса. В общей прибавке урожая долевое участие количества стеблей с колосом составило 89,2%, дополнительного числа зерен в колосе – 10,8%. Увеличение числа продуктивных стеблей при гребнистом посеве связано с улучшением агрофизических условий в зоне расположения узла кущения, положительным влиянием на полевую всхожесть семян, продуктивную кустистость растений, сохранность стеблей.

Выводы. Структурная модель продуктивности яровой пшеницы с уровнем урожайности 5,0 т/га представляет собой, в обобщенном виде, посев с плотностью продуктивного стеблестоя 500 и более колосьев/м² и массой зерна в колосе более 1,0 г (число зерен в колосе – не менее 30 шт., масса 1000 зерен – от 35,0 г). Дальнейший рост урожайности возможен как при увеличении плотности продуктивного стеблестоя, так и массы зерна в колосе. В годы с пониженной биологической продуктивностью существенное снижение урожая яровой пшеницы связано с сокращением продолжительности вегетационного периода (на 7,2...15,7% к среднемноголетнему значению) и со значительными отклонениями параметров отдельных элементов структуры урожая от оптимальных значений под воздействием метеоусловий. По количеству стеблей с колосом отклонение от среднемноголетних значений составило 25,9%, числу зерен в колосе – 17,9, массе 1000 зерен – 30,4%. Технологическое воздействие на структурные элементы урожая возможно с помощью улучшения питательного и водно-воздушного режимов почвы. Применение удобрений приводит, в первую очередь, к увеличению числа зерен в колосе, из-за которого формировалось более половины общей прибавки урожая (54,6%). Структурные изменения под влиянием приемов, направленных на улучшение физических условий и состояния водно-воздушного режима почвы, проявляются, прежде всего, в увеличении количества продуктивных стеблей на единице площади и их долевого участия в приросте урожая. Включение агромелиоративных технологий и приемов обработки, направленных на улучшение агрофизического состояния почвы, в технологические регистры возделывания яровой пшеницы следует рассматривать в качестве важного элемента их адаптации к агроэкологическим условиям осушаемых земель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балун О.В. Экологические режимы мелиорированных земель в Новгородской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024. № 25(3). С. 435–443. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.435-443>
2. Векленко В.И., Солошенко Р.В., Долгополов А.В. Управление размерами и структурой посевов зерновых культур в Курской области // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 7. С. 232–238. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49727226> EDN: MSFRLJ
3. Демина Е.А., Роменская С.Е., Таранова Т.Ю., Чекмасова К.Ю. Влияние листовых подкормок жидкими комплексными удобрениями на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы // *Земледелие*. 2024. № 7. С. 25–26. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-7-25-29>
4. Дробот В.А., Брусенцов А.С. Агро-мелиоративные приемы при поверхностной обработке почв // *Год науки и технологий 2021: сб. тезисов по мат-лам Всерос. научно-практ. конф. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина*, 2021. С. 252. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46623388>
5. Журавлева Е.В., Милашенко Н.З., Сапожников С.Н., Трушкин С.В. Система увеличения производства высококачественного зерна пшеницы // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. № 34(3). С. 7–10. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10301>
6. Кирюшин В.И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. СПб.: ООО «Квадро», 2020. 276 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/rzgoro>
7. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // *Почвоведение*. 2019. № 9. С. 1130–1139. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19070062>
8. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Вклады массы 1000 зерен и числа зерен в прирост урожайности в процессе селекции твердой пшеницы в Самарском НИИСХ // *Достижения науки и техники АПК*. 2024. № 38(9). С. 10–16. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_9_10
9. Митрофанов Ю.И., Анциферова О.Н. Гребнистый способ посева зерновых культур на осушаемых землях // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. № 3. С. 301–312. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.3.301-312>
10. Митрофанов Ю.И., Гуляев М.В., Пугачева Л.В., Первушина Н.К. Новый способ щелевания осушаемых почв // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 5. С. 541–545. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
11. Попов Ф.А., Козлова Л.М., Носкова Е.Н. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2019. № 2(27). С. 12–15. <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2019-27-2-12-15>
12. Gyrka A.D., Gasanova I.I., Gyrka T.V., Bokun O.I. Growth, development and productivity of winter wheat depending on the different soil tillage and sowing systems // *The Scientific Journal Grain Crops*. 2018. Vol. 2(1). PP. 88–93. <https://doi.org/10.31867/2523-4544-2018-2-1-88-93>
13. Jaswal A., Prasad D., Singh A., Singh M. Fertilizers and Their Role in Plant Growth. India, Delhi: Bright Sky. (Publ.). 2022. 77 p. <https://doi.org/10.22271/bs.book.30>
14. Lucena Marinho J., Ricardo Silva S., de Batista Fonseca I.C. Technological quality of wheat grains and flour as affected by nitrogen fertilization and weather condition // *Emirates journal of food and agriculture*. 2023. Vol. 34(12). PP. 997–1011. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2022.v34.i12.2977>
15. Natroshvili D., Lomishvili M. Determining the optimal sowing frequency and sowing norm of cereal crops // *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*. 2021. Vol. 78(1). PP. 73–82. URL: https://www.researchgate.net/publication/350655164_Determining_the_Optimal_Sowing_Frequency_and_Sowing_Norm_of_Cereal_Crops

REFERENCES

- Balun O.V. Ekologicheskie rezhimy meliorirovannykh zemel' v Novgorodskoj oblasti // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2024. № 25(3). S. 435–443. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.435-443>
- Veklenko V.I., Soloshenko R.V., Dolgopolov A.V. Upravlenie razmerami i strukturoj posevov zernovykh kul'tur v Kurskoj oblasti // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 7. S. 232–238. Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49727226> EDN: MSFRLJ
- Demina E.A., Romenskaya S.E., Taranova T.Yu., Chekmasova K.Yu. Vliyanie listovykh podkormok zhidkimi kompleksnymi udobreniyami na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj myagkoj pshenicy // Zemledelie. 2024. № 7. S. 25–26. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-7-25-29>
- Drobot V.A., Brusencov A.S. Agromeliorativnye priemy pri poverhnostnoj obrabotke pochv // God nauki i tekhnologii 2021: sb. tezisov po mat-lam Vseros. nauchno-prakt. konf. Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. S. 252. Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46623388>
- Zhuravleva E.V., Milashchenko N.Z., Sapozhnikov S.N., Trushkin S.V. Sistema uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenicy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. № 34(3). S. 7–10. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10301>
- Kiryushin V.I. Konceptsiya razvitiya zemledeliya v Nechernozem'e. SPb.: OOO «Kvadro», 2020. 276 s. Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/rzgoop>
- Kiryushin V.I. Upravlenie plodorodiem pochv i produktivnost'yu agrocenozov v adaptivno-landshaftnykh sistemakh zemledeliya // Pochvovedenie. 2019. № 9. S. 1130–1139. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19070062>
- Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G. Vklady massy 1000 zeren i chisla zeren v priroste urozhajnosti v processe selekcii tvrdoj pshenicy v Samarskom NIISH // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024. № 38(9). S. 10–16. https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_9_10
- Mitrofanov Yu.I., Anciferova O.N. Grebnistyj sposob poseva zernovykh kul'tur na osushaemykh zemlyakh // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. № 3. S. 301–312. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.3.301-312>
- Mitrofanov Yu.I., Gulyaev M.V., Pugacheva L.V., Pervushina N.K. Novyj sposob shchelevaniya osushaemykh pochv // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2022. № 5. S. 541–545. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
- Popov F.A., Kozlova L.M., Noskova E.N. Vliyanie resursosberegayushchih tekhnologij vozdeystviya zernovykh kul'tur na produktivnost' polevogo sevooborota // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2019. № 2(27). S. 12–15. <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2019-27-2-12-15>
- Gyrka A.D., Gasanova I.I., Gyrka T.V., Bokun O.I. Growth, development and productivity of winter wheat depending on the different soil tillage and sowing systems // The Scientific Journal Grain Crops. 2018. Vol. 2(1). PP. 88–93. <https://doi.org/10.31867/2523-4544-2018-2-1-88-93>
- Jaswal A., Prasad D., Singh A., Singh M. Fertilizers and Their Role in Plant Growth. India, Delhi: Bright Sky. (Publ.). 2022. 77 p. <https://doi.org/10.22271/bs.book.30>
- Lucena Marinho J., Ricardo Silva S., de Batista Fonseca I.C. Technological quality of wheat grains and flour as affected by nitrogen fertilization and weather condition // Emirates journal of food and agriculture. 2023. Vol. 34(12). PP. 997–1011. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2022.v34.i12.2977>
- Natroshevili D., Lomishvili M. Determining the optimal sowing frequency and sowing norm of cereal crops // American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences. 2021. Vol. 78(1). PP. 73–82. URL: https://www.researchgate.net/publication/350655164_Determining_the_Optimal_Sowing_Frequency_and_Sowing_Norm_of_Cereal_Crops

Поступила в редакцию 06.02.2025
Принята к публикации 20.02.2025

УДК 635. 21: 631.816

DOI: 10.31857/S2500208225020157, EDN: HVLGVK

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УЛЬТРАМИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АНТОЦИАНСОДЕРЖАЩИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ*

Максим Николаевич Павлов, кандидат сельскохозяйственных наук

Полина Владимировна Кулагина

ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, г. Тверь, Россия

E-mail: maxnipav@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния Se – ЭДДЯК и йодистого калия на рост, развитие и продуктивность картофеля сортов Сюрприз и Северное сияние. Схема: Фактор А (сорт): A_1 – Сюрприз, A_2 – Северное сияние; Фактор В (двукратная некорневая подкормка растворами ультрамикрорезлементов): B_1 – Контроль (без подкормки), B_2 – Se – ЭДДЯК; B_3 – KI. Выявлено действие ультрамикрорезлементов Se – ЭДДЯК и KI на массу листьев и листообеспеченность картофеля сортов Сюрприз и Северное сияние в начале вегетации, а также на среднюю массу одного миниклубня и содержание в них сухого вещества в конце вегетации. Степень реакции зависела от сорта. У Сюрприза применение как Se – ЭДДЯК, так и KI повышало

* Исследование выполнено по гранту Российского научного фонда № 23-76-01058, <https://rscf.ru/project/23-76-01058/> / Оптимизация минерального питания растений антоциансодержащих сортов картофеля для диетического питания / The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-76-01058, <https://rscf.ru/project/23-76-01058/> / Optimization of the mineral nutrition of plants of anthocyanin-containing potato varieties for dietary nutrition.

крупность клубней на 1,8–2,2 г (14,9...18,4%), а содержание сухого вещества в них – на 1,1–1,7%. У Северного сияния с КИ отмечено повышение крупности клубней на 1,6 г (23,4%), Se – ЭДЯК и КИ – увеличение сухого вещества в миниклубнях на 1,1–1,4%. Рост данных показателей, вероятно, вызван активным поступлением в миниклубни ассимилянтов из-за усиления фотосинтетической деятельности растений в начале вегетации – повышения абсолютной и относительной массы листьев, а также содержания в них хлорофиллов.

Ключевые слова: картофель, ультрамикроэлементы, некорневая подкормка, рост, развитие, продуктивность, миниклубни

INFLUENCE OF FOLIAR FEEDING WITH ULTRAMICROELEMENTS ON THE PRODUCTIVITY OF ANTHOCYANIN-CONTAINING POTATO VARIETIES IN GREENHOUSES

M.N. Pavlov, *PhD in Agricultural Sciences*

P.V. Kulagina

FSBEI HE Tver SAA, Tver, Russia

E-mail: maxnipav@gmail.com

Abstract. The aim of the study is to study the effect of Se – EDTA and potassium iodide on the growth, development and productivity of potato varieties Surprise and Northern Lights. The scheme included: Factor A – Grade: A1 – Surprise, A2 – Northern Lights; Factor B – 2-fold foliar top dressing with solutions of ultramicroelements: B1 – Control (without top dressing); B2 – Se – EDTA; B3 – KI. The effect of the ultramicroelements Se – EDTA and KI on the leaf mass and leaf supply of potato varieties Surprise and Northern Lights at the beginning of the growing season, as well as on the average weight of 1 minicube and the dry matter content in them at the end of the growing season was revealed. At the same time, the degree of reaction depended on the variety. In the Surprise variety, the use of both Se – EDTA and KI increased the size of tubers by 1.8...2.2 g or 14.9–18.4%, and the dry matter content in them by 1.1–1.7%. In the Northern Lights variety, when using KI, the increase in tuber size by 1.6 g or 23.4% was canceled, and when using both Se – EDTA and KI, an increase in the dry matter content in minitubers by 1.1–1.4%. The increase in the values of these indicators was probably caused by the active supply of assimilants to minitubers due to the increased photosynthetic activity of plants at the beginning of the growing season: an increase in the absolute and relative mass of leaves, as well as the chlorophyll content in them.

Keywords: potatoes, ultramicroelements, foliar top dressing, growth, development, productivity, minitubers

Для диетического питания представляют интерес антоциансодержащие сорта картофеля, обладающие темноокрашенной мякотью и повышенной антиоксидантной активностью, которая заключается в способности защищать клетки от воздействия свободных радикалов. [13, 20] При этом они отдают свой электрон свободному радикалу, тем самым нейтрализуя его и предотвращая окислительный стресс. [18]

Значительный вклад в антиоксидантное действие сортов картофеля с окрашенной мякотью клубней вносят антоцианы – группа биофлавоноидов, растительные красители, по химическому строению представляющие собой фенольные производные. Как компоненты пищи они могут нормализовывать функции печени, понижать содержание холестерина в крови, предотвращая развитие атеросклероза, снижать риск развития ишемической болезни сердца и возникновения злокачественных новообразований. В клубнях картофеля таких сортов в небольшом количестве содержится мощный антиоксидант каротин – провитамин А. [2]

Один из ведущих факторов, определяющих химический состав и качество клубней картофеля, – сорт, поскольку от генетических особенностей растений зависит интенсивность их роста и развития, определяемые физиологическими особенностями. [4] Максимальная реализация генетического потенциала сорта требует регулярного оздоровления растений, выращивания миниклубней в закрытом грунте с последующим получением высококачественного семенного материала. [6]

Картофелю необходим определенный уровень минерального питания. [16] Повышение доз макроудобрений ухудшает качество урожая и негативно сказыва-

ется на состоянии почвенной биоты, не компенсируя отчуждаемые из почвы микроэлементы. Дефицит даже одного микроэлемента в растении может вызвать снижение урожая. Для оптимизации минерального питания растений, в том числе в закрытом грунте, целесообразно использовать микроэлементные удобрения. [6]

Выявлено, что обработка растений картофеля соединениями селена и йода повышает урожайность и насыщение ими клубней в разной степени в зависимости от сорта. [12, 17]

Применение селенита натрия на сортах *Гулливёр*, *Аметист* и *Гранд*, выращенных на дерново-подзолистой среднеоккультуренной супесчаной почве, повышало урожай товарных клубней на 1,1...1,8 т/га, содержание в них селена – 0,06...0,10 мг/кг, но не выше ПДК (0,5 мг/кг). [12]

Изучено влияние различных концентраций йодистого калия (0,005...0,10%) в виде однократной некорневой подкормки на картофеле сорта *Метеор*. [17] Применение йода обеспечило прибавку урожайности 0,78 т/га для варианта без удобрений, 4,91...9,95 т/га – с разными дозами NPK. Достоверные прибавки получены от концентраций КИ 0,02...0,10%, но наибольшие – 0,06...0,10%.

Уникальный химический состав антоциансодержащих сортов картофеля обуславливает особенности потребления такими растениями элементов минерального питания, что следует в дальнейшем изучать. [7]

Микроэлементы легче всего усваиваются растениями в форме комплексонов, которые сейчас используют в сельском хозяйстве преимущественно на основе этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТУК или ЭДТА). Свободный комплексон ЭДТУК и комплек-

сонаты на его основе характеризуются значительной химической устойчивостью. При попадании в окружающую среду они накапливаются в почве, воде, не подвергаясь биодеградации, нарушают экологический баланс биоценозов и считаются одними из основных загрязнителей окружающей среды. На кафедре агрохимии, земледелия и лесопользования ФГБОУ ВО Тверская ГСХА разработаны комплексонаты на основе этилендиаминдиантарной кислоты (ЭДДЯК) – экологически безопасного биоутилизируемого комплексона. [11] Комплексонат Se – ЭДДЯК показал высокую эффективность в некорневой подкормке различных сельскохозяйственных культур, что делает актуальным исследование его влияния на растения картофеля. [14, 15]

Цель работы – изучение действия Se – ЭДДЯК и йодистого калия на рост, развитие и продуктивность растений картофеля в закрытом грунте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в вегетационном опыте в теплице ФГБОУ ВО Тверская ГСХА в 2024 году по общепринятой технологии оригинального безвирусного семеноводства картофеля. [8] В сосуды объемом 5 л набивали предварительно пропаренный субстрат производства ООО «Технолог» (грунт питательный на основе торфа «Универсальный»).

Характеристика субстрата до закладки опыта: rN_{KCl} – 4,9, содержание общего азота – 1,44%, K_2O – 1365 ± 191 мг/кг, P_2O_5 – 182,7 мг/кг, валовое содержание В – $6,44 \pm 1,93$ мг/кг, Мо – $0,54 \pm 0,22$ мг/кг, Se – ниже пределов обнаружения (0,1 мг/кг), I – $0,032 \pm 0,002$ мг/кг. По литературным данным, содержание йода в пахотном горизонте торфяно-болотной почвы колеблется от 1,20 до 4,28 мг/кг, селена в различных торфах – 0,33...1,26 мг/кг. [1, 8] Таким образом, обеспеченность данного субстрата ультрамикрорезидентами Se и I можно считать относительно низкой и их применение в некорневой подкормке может повысить продуктивность растений.

Семенной материал – растения, полученные тиражированием сертифицированных растений *in vitro* коллекции Банка здоровых сортов картофеля Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (Сертификаты соответствия № РСЦ 050 007 E10965-24; РСЦ 050 007 E1 0952-24).

Схема: фактор А (сорт): A_1 – *Сюрприз*, A_2 – *Северное сияние*; фактор В (некорневая подкормка растворами ультрамикрорезидентов): B_1 – контроль; B_2 – Se – ЭДДЯК; B_3 – KI.

Повторность – трехкратная. Некорневую подкормку осуществляли два раза за вегетацию (7 июня и 26 июля) по 25 мл 0,000254 М растворов соответствующих соединений на одно растение. Растворы Se – ЭДДЯК и KI приготовлены на кафедре агрохимии, земледелия и лесопользования ФГБОУ ВО Тверская ГСХА кандидатом химических наук, доцентом Т.И. Смирновой.

Объект исследования – сорта картофеля: *Сюрприз* (среднеранний, столового назначения, кожура красная, мякоть красно-пестрая); *Северное сияние* (средне-спелый, пригоден для производства хрустящего кар-

тофеля в вакуумной упаковке, кожура синяя, мякоть сине-пестрая). [3]

Закладывали и проводили вегетационный опыт по общепринятой методике. [5] Сосуды с грунтом перед посадкой выравнивали по массе (1,5 кг). В каждый сосуд 22 мая 2024 года высадили по одному растению *in vitro*. В течение вегетации ежедневно поливали в вечернее время из расчета 100 мл воды на сосуд. Учет урожая – 20 августа. Вегетационные сосуды с растениями находились в поликарбонатной теплице. Дисперсионный, регрессионный анализы результатов исследования выполнили в программе STRAZ.

Защита растений состояла из обработок препаратами Биотлин, ВРК от вредителей (еженедельно, 0,05 мл/м²) и Рапид Голд, СП от болезней (два раза за вегетацию, 150 мг/м²).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменений в развитии картофеля в условиях закрытого грунта Тверской ГСХА не выявлено.

Продуктивность надземной массы растений картофеля изменялась под действием изучаемых факторов в течение вегетации (табл. 1). В начале (27.06.) масса листьев и стеблей у сорта *Сюрприз* была выше, чем у *Северного сияния* соответственно на 16,1 и 18,2 г/сосуд. В конце вегетации (20.08) разница по этим показателям была недостоверной ($F_{факт.} < F_{0,05}$), что связано с увяданием растений, особенно у более скороспелого сорта *Сюрприз*.

Установлена разница по величине надземной массы между вариантами применения ультрамикрорезидентов в начале вегетации (27.06.). Se-ЭДДЯК позволил повысить массу листьев у сорта *Сюрприз* на 6,0 г/сосуд (12,2%), *Северное сияние* – 5,7 г/сосуд (17,7%). От действия KI получены аналогичные по величине прибавки: *Сюрприз* – 5,1 г/сосуд (10,6%), *Северное сияние* – 5,3 г/сосуд (16,6%).

Зеленые листья – основные фотосинтезирующие органы растений. [16] Увеличение их доли, по отношению к общей массе ботвы, помогает растениям лучше усваивать энергию света. Наибольшая облиственность была характерна для сорта *Северное сияние*: в начале вегетации (27.06) – на 2,2%, к уборке миниклубней (20.08) – на 11,1% больше, чем у *Сюрприза*.

В начале вегетации ультрамикрорезиденты повышали величину показателя на 2,4...3,4%, перед уборкой миниклубней – не оказывали на нее достоверного влияния.

Продуктивность фотосинтеза так же определяется содержанием в листьях фотосинтезирующих пигментов, в частности хлорофиллов. Для количественной характеристики обеспеченности листьев зелеными пигментами можно использовать индекс содержания хлорофилла (CCI) – относительную величину, характеризующую его уровень в листе. [19] В начале вегетации (27.06) разница между сортами по величине CCI была недостоверной (1,1 ед., что меньше $HSP_{05} = 1,3$). В конце вегетации (20.08) величина показателя у сорта *Северное сияние* была выше, чем у *Сюрприза* на 4,3 ед., что объясняется среднеспелостью сорта (табл. 2).

Изучаемые ультрамикрорезиденты повышали величину CCI в начале вегетации у сорта *Сюрприз* на 1,7...2,0 ед., *Северное сияние* – только в варианте с обработкой Se – ЭДДЯК на 2,0 ед., что указывает на

Таблица 1.

Влияние некорневых подкормок ультрамикрорезультатами на продуктивность надземной массы сортов картофеля

Сорт	Вариант некорневой подкормки	Масса, г			Облиственность, %
		листьев	стеблей	ботвы	
27.06.2024					
<i>Сюрприз</i>	Контроль (без подкормки)	48,4	49,6	98,0	49,5
	Se – ЭДДЯК	54,4	48,4	102,8	52,9
	KI	53,6	49,6	103,1	51,9
	среднее по сорту	52,1	49,2	101,3	51,5
<i>Северное сияние</i>	Контроль (без подкормки)	32,3	30,5	62,7	51,5
	Se – ЭДДЯК	38,0	31,4	69,4	54,8
	KI	37,6	31,0	68,6	54,8
	среднее по сорту	36,0	31,0	66,9	53,7
среднее по опыту					
		44,0	40,1	84,1	52,6
НСР ₀₅ по сорту		4,3	5,2	9,2	1,7
НСР ₀₅ по варианту некорневой подкормки		3,5	4,2*	7,5*	1,4
20.08.2024					
<i>Сюрприз</i>	Контроль (без подкормки)	42,9	59,4	102,3	41,9
	Se – ЭДДЯК	48,4	56,7	105,1	46,1
	KI	42,7	56,7	99,3	43,0
	среднее по сорту	44,7	57,6	102,3	43,7
<i>Северное сияние</i>	Контроль (без подкормки)	45,2	35,8	81,0	55,8
	Se – ЭДДЯК	59,0	54,8	113,8	51,9
	KI	50,9	39,1	90,0	56,5
	среднее по сорту	51,7	43,2	94,9	54,7
среднее по опыту					
		48,2	50,4	98,6	49,2
НСР ₀₅ по сорту		11,3*	9,3	18,7*	4,6
НСР ₀₅ по варианту некорневой подкормки		9,2*	7,6*	15,3*	3,8*

Примечание. * – различия незначительны ($F_{факт.} < F_{0.05}$). То же в табл. 2-4.

рост содержания зеленых пигментов в этих вариантах. В конце вегетации разница между вариантами некорневой подкормки была незначительной ($F_{факт.} < F_{0.05}$), вероятно из-за частичного пожелтения листьев.

Цель выращивания картофеля в теплице – получение миникубной. [8] На предварительно пропаренном субстрате на основе торфа «Универсальный» с одного растения получено в среднем: у сорта *Сюрприз* – 13,1...15,9 шт. миникубной общей массой 184,6...192,3 г, *Северное сияние* – 24,9...27,6 шт. (188,7...221,3 г). Их масса и число зависели от сорта, а средняя масса одного миникубья – сорта и ультрамикрорезультата (табл. 3).

У сорта *Северное сияние* масса миникубной была выше, чем у *Сюрприза* на 19,4 г/сосуд, число – на 12,3 шт. При этом у данного сорта были меньшие по массе миникубьи (на 5,4 г), чем у *Сюрприза*.

Исследуемые ультрамикрорезультаты не вызвали достоверных различий по массе и числу миникуб-

Таблица 2.

Влияние некорневых подкормок ультрамикрорезультатами на индекс содержания хлорофилла (CCI) в листьях сортов картофеля, ед.

Вариант	Сорт		Среднее по варианту подкормки
	<i>Сюрприз</i>	<i>Северное сияние</i>	
27.06.2024			
Контроль (без подкормки)	12,3	13,9	13,1
	14,2	15,8	15,0
	13,9	14,1	14,0
	13,5	14,6	14,0
НСР ₀₅ по сорту			1,3
НСР ₀₅ по варианту некорневой подкормки			1,0
20.08.2024			
Контроль (без подкормки)	8,9	10,4	9,7
	7,3	13,4	10,4
	7,1	12,5	9,8
	7,8	12,1	9,9
НСР ₀₅ по сорту			3,2
НСР ₀₅ по варианту некорневой подкормки			2,6*

ней ($F_{факт.} < F_{0.05}$), но повысили их крупность: у сорта *Сюрприз* – с применением как Se – ЭДДЯК, так и KI (на 1,8...2,2 г или 14,9...18,4%), *Северное сияние* – KI (на 1,6 г или 23,4%). Рост средней массы одного миникубья вызван активным поступлением ассимилянтов из-за усиления фотосинтетической деятельности растений в начале вегетации, поскольку в этот период в большинстве вариантов выявлено повышение массы листьев и содержания в них хлорофилла (табл. 1, 2).

Важный показатель качества миникубной – содержание в них сухого вещества, основной компонент которого – крахмал, способствующий их лучшей лежкости. [10] В связи с этим, изучили содержание сухого вещества в органах картофеля (табл. 4).

Наибольшей величиной данного показателя характеризовался сорт *Северное сияние*, у которого она была выше на 1,4% в стеблях и 2,5% – в миникубных.

Применение ультрамикрорезультатов повышало содержание сухого вещества в миникубных картофеля сорта *Сюрприз* – на 1,1...1,7%, *Северное сияние* – 1,1...1,4%. В большей степени росту показателя способствовало применение Se – ЭДДЯК.

Повышение содержания в миникубных сухого вещества связано с активным поступлением в них ассимилянтов из-за усиления фотосинтетической деятельности растений в начале вегетации.

Выводы. По результатам вегетационного опыта выявили влияние ультрамикрорезультатов Se – ЭДДЯК и KI на массу листьев и листообеспеченность картофеля сортов *Сюрприз* и *Северное сияние* в начале вегетации, а также на среднюю массу одного миникубья и содержание в нем сухого вещества в конце вегетации. Степень реакции зависела от сорта. У *Сюрприза* применение как Se – ЭДДЯК, так и KI повышало крупность

Таблица 3.
Влияние некорневых подкормок ультрамикрорезультатами на выход мини клубней сортов картофеля

Сорт	Вариант	Масса мини-клубней, г	Число мини-клубней, шт.	Средняя масса одного мини-клубня, г
Сюрприз	Контроль (без подкормки)	184,9	15,9	11,9
	Se – ЭДДЯК	192,3	14,1	13,7
	KI	184,6	13,1	14,1
	среднее по сорту	187,3	14,4	13,2
Северное сияние	Контроль (без подкормки)	188,7	27,4	7,0
	Se – ЭДДЯК	209,9	27,6	7,6
	KI	221,3	24,9	9,0
	среднее по сорту	206,6	26,6	7,9
среднее по попытке		196,9	20,5	10,5
НСР ₀₅ по сорту		16,3	3,2	1,5
НСР ₀₅ по варианту некорневой подкормки		13,3*	2,7*	1,2

Таблица 4.
Влияние некорневых подкормок ультрамикрорезультатами на содержание сухого вещества в органах картофеля

Сорт	Вариант	Содержание сухого вещества, %		
		стебли	листья	мини клубни
Сюрприз	Контроль (без подкормки)	5,4	10,2	17,8
	Se – ЭДДЯК	5,0	10,3	19,5
	KI	5,8	10,4	18,8
	среднее по сорту	5,4	10,3	18,7
Северное сияние	Контроль (без подкормки)	6,6	9,8	20,4
	Se – ЭДДЯК	7,1	10,4	21,7
	KI	6,7	10,1	21,4
	среднее по сорту	6,8	10,1	21,2
среднее по попытке		6,1	10,2	19,9
НСР ₀₅ по сорту		0,3	0,1	0,6
НСР ₀₅ по варианту некорневой подкормки		0,2*	0,1	0,5

клубней на 1,8...2,2 г (14,9...18,4%), содержание сухого вещества в них – на 1,1...1,7%. У сорта *Северное сияние* при KI отмечено повышение крупности клубней на 1,6 г (23,4%), Se – ЭДДЯК и KI – увеличение содержания сухого вещества в мини клубнях на 1,1...1,4%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барабанщикова Л.Н., Комиссаров И.Д. Селен в торфяно-болотных почвах и гуминовых кислотах подтаежной зоны Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 11. С. 12–14. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18231947>
2. Гольдштейн В.Г., Дегтярев В.А., Коваленко В.А. и др. Определение пригодности различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с белой и пигментированной мякотью для переработки на картофелепродукты // Аграрная

наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (1). С. 98–109. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109>

3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 620 с.
4. Гунар Л.Э., Черенков А.А., Хлопук М.С. Сорта картофеля в условиях дефицита влаги // Картофель и овощи. 2014. № 4. С. 26–27. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21396138>
5. Ключковский В.М., Петербургский А.В. Агрехимия. Учебник для сельскохозяйственных вузов. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Колос, 1967. 584 с.
6. Моляк А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П. Урожайность и выход стандартной фракции мини-клубней картофеля при внесении хелатных удобрений на питательном грунте Агробалт Н под тоннельными укрытиями // Аграрная наука. 2022. 360 (6) С. 86–91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-86-91>
7. Павлов М.Н., Смирнова Т.И., Хомякова К.Н., Кулагина П.В. Оценка урожайности и химического состава клубней антоцианосодержащих сортов картофеля в условиях ЦРНЗ РФ // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 111. С. 112–118.
8. Павловская Н.Е., Попова А.Ю., Гагарина И.Н. и др. Технология безвирусного оригинального семеноводства картофеля на основе ускоренного микроклонального размножения посадочного материала: монография. Орел: ОрелГАУ, 2023. 160 с.
9. Панасин В.И., Вихман М.И., Чечулин Д.С., Рымаренко Д.А. Агрехимические особенности распределения йода в почвах агроландшафтов Калининградской области // Плодородие. 2019. № 1. С. 31–34. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.106.10>
10. Питюрин И.С. Влияние качества посадочного материала на пораженность болезнями и лежкость картофеля // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 21–27. <https://doi.org/10.55170/1997-3225-2024-9-2-21-27>
11. Смирнова Т.И., Дроздов И.А., Павлов М.Н. Исследование деградации комплексонов, производных янтарной кислоты, и их боросодержащих комплексов под действием микробиологических препаратов // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 6. С. 49–53. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-6-49-53>
12. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. и др. Урожайность и качество насыщенного селеном картофеля, выращенного из клубней 10–15 мм // Агринженерия. 2024. Т. 26, № 3. С. 19–26. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-3-19-26>
13. Усанова З.И., Прядин С.Е. Влияние гуминовых препаратов на продуктивность и качество урожая сортов картофеля с фиолетовой мякотью // Картофель и овощи. 2020. № 6. С. 27–31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.73.35.004>
14. Усанова З.И., Иванютина Н.Н., Павлов М.Н., Булюкина О.А. Увеличение содержания полифруктанов в клубнях топинамбура под влиянием хелатных комплексов микроэлементов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2017. № 3. С. 139–147. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zftztd>
15. Усанова З.И., Мигулев П.И., Фаринюк Ю.Т. и др. Программирование урожайности кукурузы при использовании в технологии возделывания органических, комплексных удобрений и биопрепаратов. Монография. Тверь, 2023. 131 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50443561>

16. Усанова З.И. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов полевых культур. Тверь: ТГСХА, 1999. 330 с.
17. Филиппова П.С., Филиппов П.А., Прияткин Н.С. и др. Перспективы применения йода в системе удобрения дерново-подзолистых почв на примере картофеля // *Агрохимический вестник*. 2024. № 3. С. 36–41. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-3-006>
18. Шарафутдинова Е.Н., Иванова А.В., Матерн А.И., Брайнина Х.З. Качество пищевых продуктов и антиоксидантная активность // *Аналитика и контроль*. 2011. Т 15. № 3. С. 281–286. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16654956>
19. CCM-200 plus manual, 2022, URL: <https://www.manualslib.com/manual/1202197/Opti-Sciences-Ccm-200-Plus.html> (дата обращения 6.12.2024).
20. Vinson J.A., Demkosky C.A., Navarre D.A., Smyda M.A. High-antioxidant potatoes: Acute *in vivo* antioxidant source and hypotensive agent in humans after supplementation to hypertensive subjects // *J. Agric Food Chem*. 2012 No. 60(27). PP. 6749–6754. <https://doi.org/10.1021/jf2045262>
9. Panasin V.I., Vihman M.I., Chechulin D.S., Rymarenko D.A. Agrohimiicheskie osobennosti raspredeleniya joda v pochvah agrolandshaftov Kaliningradskoj oblasti // *Plodorodie*. 2019. № 1. С. 31–34. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.106.10>
10. Pityurina I.S. Vliyanie kachestva posadochnogo materiala na porazhennost' boleznyami i lezhkost' kartofelya // *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2024. № 2. С. 21–27. <https://doi.org/10.55170/1997-3225-2024-9-2-21-27>
11. Smirnova T.I., Drozdov I.A., Pavlov M.N. Issledovanie degradacii kompleksov, proizvodnyh yantarnoj kisloty, i ih borosoderzhashchih kompleksov pod dejstviem mikrobiologicheskikh preparatov // *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2021. Т. 25. № 6. С. 49–53. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-6-49-53>
12. Starovojtov V.I., Starovojtova O.A., Manohina A.A. i dr. Urozhajnost' i kachestvo nasyshchennogo selenom kartofelya, vyrashchennogo iz klubnej 10 15 mm // *Agroinzhenieriya*. 2024. Т. 26, № 3. С. 19–26. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-3-19-26>
13. Usanova Z.I., Pryadein S.E. Vliyanie guminovykh preparatov na produktivnost' i kachestvo urozhaya sortov kartofelya s fioletovoj myakot'yu // *Kartofel' i ovoshchi*. 2020. № 6. С. 27–31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.73.35.004>
14. Usanova Z.I., Ivanyutina N.N., Pavlov M.N., Bulyukina O.A. Uvelichenie soderzhaniya polifrukτανov v klubnykh topinambura pod vliyaniem helatnykh kompleksov mikroelementov // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya*. 2017. № 3. С. 139–147. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zfhztd>
15. Usanova Z.I., Migulev P.I., Farinyuk Yu.T. i dr. Programirovanie urozhajnosti kukuruzy pri ispol'zovanii v tekhnologii vozdeleyvaniya organicheskikh, kompleksnykh udobrenij i biopreparatov. Monografiya. Tver', 2023. 131 s. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50443561>
16. Usanova Z.I. Teoriya i praktika sozdaniya vysokoproduktivnykh posevov polevykh kul'tur. Tver': TGSXA, 1999. 330 s.
17. Filippova P.S., Filippov P.A., Priyatkin N.S. i dr. Perspektivy primeneniya joda v sisteme udobreniya dernovo-podzolistykh pochv na primere kartofelya // *Agrohimiicheskij vestnik*. 2024. № 3. С. 36–41. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-3-006>
18. Sharafutdinova E.N., Ivanova A.V., Matern A.I., Brajnina H.Z. Kachestvo pishchevykh produktov i antioksidantnaya aktivnost' // *Аналитика и контроль*. 2011. Т 15. № 3. С. 281–286. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16654956>
19. CCM-200 plus manual, 2022, URL: <https://www.manualslib.com/manual/1202197/Opti-Sciences-Ccm-200-Plus.html> (дата обращения 6.12.2024).
20. Vinson J.A., Demkosky C.A., Navarre D.A., Smyda M.A. High-antioxidant potatoes: Acute *in vivo* antioxidant source and hypotensive agent in humans after supplementation to hypertensive subjects // *J. Agric Food Chem*. 2012 No. 60(27). PP. 6749–6754. <https://doi.org/10.1021/jf2045262>

REFERENCES

Поступила в редакцию 10.01.2025
Принята к публикации 24.01.2025

ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В ИСКУССТВЕННОМ ОСЕМЕНЕНИИ КОРОВ

Марина Николаевна Иващенко^{1,2}, кандидат биологических наук

Анна Вячеславовна Дерюгина¹, доктор биологических наук

Андрей Александрович Белов^{1,2}, кандидат биологических наук

Алексей Иванович Ерзутов²

Владимир Александрович Петров², аспирант

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского»,
г. Нижний Новгород, Россия

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л.Я. Флорентьева»,
г. Нижний Новгород, Россия
E-mail: kafedra2577@mail.ru

Аннотация. Провели исследование результативности искусственного осеменения черно-пестрых коров второй лактации спермой, содержащей молекулярный водород. Было сформировано две группы животных по принципу групп-аналогов (контрольная и опытная), по 50 гол. в каждой. Коров контрольной группы осеменяли спермой, замороженной в среде BioXcell, животных опытной – спермой, замороженной в среде BioXcell с молекулярным водородом. Для оценки исходного функционального состояния организма перед началом опыта провели клиническое и комплексное акушерско-гинекологическое обследование. Коров осеменяли групповым методом, синхронизируя половую охоту по схеме «Овсинх». Эффективность осеменения устанавливали на основе данных ректального УЗИ исследования на 35 и 90 сутки после осеменения. Полученные результаты показали, что использование молекулярного водорода в составе среды для разбавления семени позволяет повысить оплодотворяющую способность спермы быков и увеличить процент стельности коров при искусственном осеменении.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, молекулярный водород, сперматозоиды, криоконсервирование, искусственное осеменение

APPLICATION OF MOLECULAR HYDROGEN IN ARTIFICIAL INSEMINATION OF COWS

M.N. Ivashchenko^{1,2}, *PhD in Biological Sciences*

A.V. Deryugina¹, *Grand PhD in Biological Sciences*

A.A. Belov^{1,2}, *PhD in Biological Sciences*

A.I. Erzutov²

V.A. Petrov², *PhD Student*

¹National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia

²Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.I. Florentyev, Nizhny Novgorod, Russia
E-mail: kafedra2577@mail.ru

Abstract. The paper evaluates the effectiveness of artificial insemination of cows with sperm containing molecular hydrogen. The study was conducted on black-and-white cows of the second lactation. Two groups of animals were formed according to the principle of analog groups (control and experimental), with 50 heads each. The cows of the control group were inseminated with sperm frozen in a BioXcell medium, and the animals of the experimental group were inseminated with sperm frozen in a BioXcell medium with molecular hydrogen. To assess the initial functional state of the body, clinical studies and a comprehensive obstetric and gynecological examination were conducted before the start of the experiment. Insemination of cows was carried out by a group method by synchronizing sexual hunting according to the “Ovsinh” scheme. The effectiveness of insemination was evaluated on the basis of rectal ultrasound examination data on days 35 and 90 after insemination. The obtained results showed that the use of molecular hydrogen in the composition of the medium for diluting the seed makes it possible to increase the fertilizing ability of bull sperm and increase the percentage of pregnancy of cows during artificial insemination. Thus, the inclusion of molecular hydrogen in the composition of the solution for diluting the semen of cattle is advisable.

Keywords: cattle, molecular hydrogen, spermatozoa, cryopreservation, artificial insemination

Искусственное осеменение – один из путей повышения продуктивности животных. Благодаря ему получены высокие результаты в развитии скотоводства, но работа по улучшению необходимых для отрасли производственно-хозяйственных признаков животных продолжается. [1, 5, 6, 10]

Эффективность искусственного осеменения зависит от успешности криоконсервирования спермы, так как большое количество сперматозоидов теряют фертильность после замораживания и оттаивания. [5, 6, 8] Одна из основных причин повреждения сперматозоидов в результате криоконсервирования – окислительный стресс. Образующиеся в цикле замораживания

и оттаивания активные формы кислорода способствуют активации перекисного окисления липидов, инактивации белков, повреждению ДНК. [1–3]

Усовершенствование методик позволит решить проблемы, связанные со снижением качества спермы после цикла замораживания и оттаивания. В предыдущих наших исследованиях доказано положительное влияние молекулярного водорода на кинетику, морфологию, состояние окислительного, энергетического гомеостаза сперматозоидов крупного рогатого скота. [4]

Цель работы – оценка результативности искусственного осеменения коров спермой, содержащей молекулярный водород.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили на базе кафедры «Физиология, биохимия животных и акушерство» Нижегородского агротехнологического университета имени Л.Я. Флорентьева и в лаборатории ООО «Нижегородское» по племенной работе.

Объект изучения – *черно-пестрые* коровы второй лактации. Было сформировано две группы животных по принципу групп-аналогов (контрольная и опытная), по 50 гол. в каждой.

Провели комплексное акушерско-гинекологическое обследование коров. Учитывали размеры и ригидность матки, наличие в яичниках фолликулов и желтых тел. Вагинальное исследование позволило оценить состояние слизистой оболочки преддверия влагалища, характеристики цервикальной слизи и наличие патологических изменений.

Осеменение коров осуществляли групповым методом, синхронизируя половую охоту по схеме «Овсинх». Схему начинали с 50...57 дн. после отела. Первоначально проводили внутримышечно инъекцию гонадолиберина (Сурфагон 50 мкг) на произвольной стадии цикла эструса, что способствовало овуляции и наступлению лютеиновой фазы. Через 7 дн. внутримышечно вводили простагландин F_{2α} (Эстрофан 2 мл) для регресса желтого тела, через 48 ч – гонадолиберин (Сурфагон 50 мкг) для овуляции нового доминантного фолликула. На 9 день наступала половая охота. Через 24 ч (на 10 день) – искусственное оплодотворение (осеменение).

Сравнивали результативность искусственного осеменения коров спермой, криоконсервированной в усовершенствованной среде, содержащей молекулярный водород (опытная группа), с показателями оплодотворяемости, полученными при использовании спермы, замороженной в среде без молекулярного водорода (контрольная). Коров контрольной группы осеменяли спермой, замороженной в среде BioXcell, а животных опытной – спермой, замороженной в среде BioXcell с молекулярным водородом. Метод осеменения коров – цервикальный с ректальной фиксацией шейки матки (ректо-цервикальный). Эффективность осеменения оценивали на основе данных ректального УЗИ исследования на 35 и 90 сут. после осеменения. Для определения стельности использовали ветеринарный УЗИ-сканер CTS-800 (Китай).

Состояние метаболизма определяли по клинико-физиологическим и биохимическим показателям крови на биохимическом анализаторе Clima MC-15 при помощи стандартных наборов реактивов фирмы BioSystems и Randox.

Полученные экспериментальные данные рассчитывали, как среднее значение с ошибкой среднего. Для статистического анализа результатов применяли программу Statistica 6.0. и Microsoft Excel. Уровень статистической значимости – 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клинико-физиологические параметры (температура тела, пульс, частота дыхания) у коров контрольной и опытной групп находились в пределах физиологической нормы. Статистически значимых различий между группами по этим параметрам не обнаружено (табл. 1).

Средняя температура тела у коров контрольной группы – $38,5 \pm 0,19^\circ\text{C}$, частота пульса – $62,4 \pm 0,79$ уд./мин., частота дыхательных движений – $22,4 \pm 0,98$ дых. дв./мин., опытной – $38,9 \pm 0,25^\circ\text{C}$, $61,1 \pm 0,95$ уд./мин., $19,6 \pm 1,16$ дых. дв./мин. соответственно. Разница между величинами контрольной и опытной групп животных была статистически недостоверной ($P > 0,05$).

Анализ данных, отражающих обмен веществ (белок, холестерин, глюкоза, мочевины, креатинин), также не выявил отклонений от нормативных значений в обеих группах, характерных для крупного рогатого скота (табл. 2).

У животных контрольной группы содержание общего белка составило $75,22 \pm 2,28$ г/л, альбуминов – $47,14 \pm 2,19\%$, α глобулинов – $14,67 \pm 4,69$, β глобулинов – $3,55 \pm 1,01$, γ глобулинов – $30,44 \pm 4,79\%$. У животных опытной и контрольной групп показатели белкового обмена статистически достоверно не отличались и также находились в пределах стандартных интервалов. Содержание общего белка у коров опытной группы – $77,39 \pm 1,96$ г/л, альбуминов – $43,15 \pm 5,23\%$, α глобулинов – $13,21 \pm 3,13\%$, β глобулинов – $14,35 \pm 1,27\%$, γ глобулинов – $32,14 \pm 3,45\%$.

Уровни холестерина, креатинина, глюкозы и мочевины в крови животных контрольной и опытной групп не различались между собой и находились в пределах стандартных интервалов. Содержание холестерина в крови коров контрольной – $3,07 \pm 0,14$ ммоль/л, глюкозы – $2,29 \pm 0,17$ ммоль/л, мочевины – $4,22 \pm 0,19$ ммоль/л, креатинина – $89,32 \pm 4,12$ ммоль/л, опытной – $3,11 \pm 1,05$, $2,32 \pm 0,12$, $4,75 \pm 0,23$, $75,47 \pm 6,72$ ммоль/л соответственно.

Биохимические маркеры функционального состояния печени, интенсивности белкового, энергетического обмена, активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ) соответствовала стандартным значениям у животных обеих групп. Разность между показателями была незначительна и статистически не достоверна (табл. 2).

Таким образом, биохимические показатели крови у коров опытной и контрольной групп находились в пределах интервалов физиологической нормы.

Перед определением влияния молекулярного водорода в составе замораживающей среды на результативность осеменения коров криоконсервированной спермой оценивали активность спермы по прямолинейному поступательному движению сперматозоидов по десятибалльной шкале. Перед искусственным осеменением используемая сперма получила оценку 5 баллов из 10, 50% сперматозоидов имели прямолинейное поступательное движение. Через 90 сут. оплодотворяемость коров опытной группы была выше на 11,5%, по сравнению с группой животных, которых оплодотворяли спермой без молекулярного водорода (табл. 3).

Таким образом, использование молекулярного водорода в составе среды для разбавления семени позволяет повысить оплодотворяющую способность спермы быков и увеличить процент стельности коров при искусственном осеменении.

Положительное влияние молекулярного водорода на функциональные характеристики сперматозоидов, вероятно, связано с его антиоксидантной активностью. Молекулярный водород специфично нейтрализует только высокотоксичные –ОН и ONOO–,

Таблица 1.

Клинико-физиологические показатели животных контрольной и опытной групп, М ± m

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа	Норма по И.П. Кондрахину, 2004 [7]
Температура, °С	38,5 ± 0,19	38,9 ± 0,25	37,5...39,0
Пuls, уд./мин.	62,4 ± 0,79	61,1 ± 0,95	50...80
Дыхание, дых. дв./мин.	22,4 ± 0,98	19,6 ± 1,16	15...30

Таблица 2.

Биохимические показатели крови животных контрольной и опытной групп, М ± m

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа	Норма по И.П. Кондрахину, 2004 [7]
Общий белок, г/л	75,22 ± 2,28	77,39 ± 1,96	60...85
Альбумины, %	47,14 ± 2,19	43,15 ± 5,23	35...50
α глобулины, %	14,67 ± 4,69	13,21 ± 3,13	17...20
β глобулины, %	13,55 ± 1,01	14,35 ± 1,27	10...16
γ глобулины, %	30,44 ± 4,79	32,14 ± 3,45	25...40
Холестерол, ммоль/л	3,07 ± 0,14	3,11 ± 1,05	2,3...6,6
Глюкоза, ммоль/л	2,29 ± 0,17	2,32 ± 0,12	2,1...3,9
Мочевина, ммоль/л	4,22 ± 0,19	4,75 ± 0,23	3,3...3,6
АСТ, Ед/л	35,13 ± 1,25	33,11 ± 1,92	48...110
АЛТ, Ед/л	75,14 ± 2,5	74,41 ± 1,71	17...37
Креатинин, ммоль/л	89,32 ± 4,12	75,47 ± 6,72	88...107

Таблица 3.

Результативность осеменения коров опытной группы спермой, замороженной с молекулярным водородом

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Осеменено коров	50	50
Выбыло из опыта коров	2	3
Стельных коров через 35 сут.	23	28
Стельных коров через 90 сут.	20	25
%	41,7	53,2

которые могут неконтролируемо вступать в реакции с макромолекулами клетки. [8] С сигнальными активными формами кислорода и азота, участвующими в физиологических процессах, водород ведет себя нейтрально. Это отличает молекулярный водород от других антиоксидантов. Он уменьшает окислительный стресс, корректирует окислительно-восстановительный статус клеток, обладает антиапоптотическими, противовоспалительными и метаболическими эффектами и может быть использован при искусственном осеменении. [9, 11–19]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Абилов А.И., Племяшов К.В., Комбарова Н.А. и др. Некоторые аспекты воспроизводства крупного рогатого скота. СПб, 2019. 304 с.
- Антонов М.П. Влияние биохимических изменений липидов сперматозоидов и спермоплазмы на фертильность эякулята // Верхневолжский медицинский журнал. 2012. № 3. С. 47–50.
- Будевич А.И., Мордань Г.Г. Совершенствование технологии искусственного осеменения крупного рогатого скота // Вести Академии аграрных наук Республики Беларусь. Сер. с.-х. наук. 2002. № 3. С. 77–79.
- Дерюгина А.В., Иващенко М.Н., Лодяной М.С. Оценка резистентности мембран сперматозоидов быков в процессе долгосрочного хранения // Естественные и технические науки. 2022. Т. 1 (164). С. 107–109.
- Дувакина Е.В. Осеменение крупного рогатого скота // Молодежь и наука. 2019. № 9. С. 30.
- Кулешова А.И., Сафронов С.Л. Современные методы воспроизводства стада крупного рогатого скота, их преимущества и недостатки // Вестник Студенческого научного общества. 2018. Т. 9. № 1. С. 189–191.
- Кондрахин И.П., Архипов А.В., Левченко В.И. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. М.: КолосС, 2004. 520 с.
- Пискарев И.М., Иванова И.П., Самodelкин А.Г., Иващенко М.Н. Иницирование и исследование свободно-радикальных процессов в биологических экспериментах. Нижний Новгород, 2016. 106 с.
- Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. Молекулярный водород: биологическое действие, возможности применения в здравоохранении (обзор) // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 4. С. 359–365.
- Эрнст Л.К., Субботин А.Д. Искусственное осеменение – главный фактор генетического прогресса и роста продуктивности животноводства // К 100-летию со дня рождения основоположника биологии воспроизведения и технологии искусственного осеменения академика ВАСХНИЛ В.К. Милованова: мат. Межд. науч.-практ. конф. Дубровицы, 2004. С. 10–29.
- Bjelakovic G., Nikolova D., Gluud L. et al. Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases // Cochrane Database Syst. Rev. 2012. V. 3. CD007176.
- Finkel T., Holbrook N. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing // Nature. 2000. V. 408 (6809). PP. 239–247.
- Katakura M. Hydrogen-rich water inhibits glucose and alpha, beta-dicarbonyl compound-induced reactive oxygen species production in the SHR.Cg-Lep^{crp}/NDmcr rat kidney. Med Gas Res. 2012. 2 (1). PP. 18–10.
- Kimura H. Hydrogen sulfide: from brain to gut // Antioxid. Redox Signal. 2010. V. 12 (9). PP. 1111–1123.
- Smith R., Murphy M. Mitochondria-targeted antioxidants as therapies // Discov. Med. 2011. V. 11 (57). PP. 106–114.
- Shi P, Sun W. A hypothesis on chemical mechanism of the effect of hydrogen. Med Gas Res. 2012. 2 (1). PP. 17–10.
- Ohsawa I., Ishikawa M., Takahashi K. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals // Nat. Med. 2007. V. 13. № 6. PP. 688–694.
- Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine // Pharmacol. Ther. 2014. V. 144. № 1. PP. 1–11.
- Xie K., Yu Y., Pei Y., Hou L. Protective effects of hydrogen gas on murine polymicrobial sepsis via reducing oxidative stress and HMGB1 release // Shock. 2010. V. 34. № 1. PP. 90–97.

REFERENCES

1. Abilov A.I., Plemyashov K.V., Kombarova N.A. i dr. Nekotorye aspekty vosпроизводства крупного rogatogo skota. SPb, 2019. 304 s.
2. Antonov M.P. Vliyaniye biohimicheskikh izmenenij lipidov spermatozoidov i spermoplazmy na fertil'nost' eyakulyata // Verhnevolzhskij medicinskij zhurnal. 2012. № 3. S. 47–50.
3. Budevich A.I., Mordan' G.G. Sovershenstvovaniye tekhnologii iskusstvennogo osemneniya крупного rogatogo skota // Vesti Akademii agrarnykh nauk Respubliki Belarus'. Ser. s.-h. nauk. 2002. № 3. S. 77–79.
4. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Lodyanoy M.S. Ocenka rezistentnosti membran spermatozoidov bykov v processe dolgosrochnogo hraneniya // Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki. 2022. T. 1 (164). S. 107–109.
5. Duvakina E.V. Osemneniye крупного rogatogo skota // Molodezh' i nauka. 2019. № 9. S. 30.
6. Kuleshova A.I., Safronov S.L. Sovremennyye metody vosпроизводства stada крупного rogatogo skota, ih preimushchestva i nedostatki // Vestnik Studencheskogo nauchnogo obshchestva. 2018. T. 9. № 1. S. 189–191.
7. Kondrahin I.P., Arhipov A.V., Levchenko V.I. Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki: spravochnik. M.: KolosS, 2004. 520 s.
8. Piskarev I.M., Ivanova I.P., Samodelkin A.G., Ivashchenko M.N. Initsirovaniye i issledovaniye svobodno-radikal'nykh processov v biologicheskikh eksperimentakh. Nizhny Novgorod, 2016. 106 s.
9. Rahmanin Yu.A., Egorova N.A., Mihajlova R.I. Molekulyarnyy vodorod: biologicheskoye dejstvie, vozmozhnosti primeneniya v zdoravoohraneniye (obzor) // Gigiena i sanitariya. 2019. T. 98. № 4. S. 359–365.
10. Ernst L.K., Subbotin A.D. Iskusstvennoye osemneniye – glavnyy faktor geneticheskogo progressa i rosta produktivnosti zhivotnovodstva // K 100-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika biologii vosпроизvedeniya i tekhnologii iskusstvennogo osemneniya akademika VASHNIL B.K. Milovanova: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. Dubrovicy, 2004. S. 10–29.
11. Bjelakovic G., Nikolova D., Gluud L. et al. Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases // Cochrane Database Syst. Rev. 2012. V. 3. CD007176.
12. Finkel T., Holbrook N. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing // Nature. 2000. V. 408 (6809). PP. 239–247.
13. Katakura M. Hydrogen-rich water inhibits glucose and alpha, beta –dicarbonyl compound-induced reactive oxygen species production in the SHR.Cg-Lepcrp/NDmcr rat kidney. Med Gas Res. 2012. 2 (1). PP. 18–10.
14. Kimura H. Hydrogen sulfide: from brain to gut // Antioxid. Redox Signal. 2010. V. 12 (9). PP. 1111–1123.
15. Smith R., Murphy M. Mitochondria-targeted antioxidants as therapies // Discov. Med. 2011. V. 11 (57). PP. 106–114.
16. Shi P, Sun W. A hypothesis on chemical mechanism of the effect of hydrogen. Med Gas Res. 2012. 2 (1). PP. 17–10.
17. Ohsawa I., Ishikawa M., Takahashi K. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals // Nat. Med. 2007. V. 13. № 6. PP. 688–694.
18. Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine // Pharmacol. Ther. 2014. V. 144. № 1. PP. 1–11.
19. Xie K., Yu Y., Pei Y., Hou L. Protective effects of hydrogen gas on murine polymicrobial sepsis via reducing oxidative stress and HMGB1 release // Shock. 2010. V. 34. № 1. PP. 90–97.

Поступила в редакцию 12.12.2024

Принята к публикации 26.12.2024

УДК 636.2.033

DOI: 10.31857/S2500208225020173, EDN: HVNGOH

АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ РАЗЛИЧИЙ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СКОТА ПОРОДЫ ГЕРЕФОРД*

Мария Андреевна Барсукова, кандидат биологических наук
Кирилл Николаевич Нарожных, кандидат биологических наук
Ольга Игоревна Себежко, кандидат биологических наук
Оксана Александровна Иванова, старший преподаватель

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

E-mail: mariabar23@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены результаты изучения гематологических показателей скота породы герефорд, разводимого на юге Западной Сибири, в двух смежных поколениях. Животные находились в одинаковых условиях на предгорных пастбищах. Проанализированы как абсолютные значения, так и корреляции между гематологическими признаками у поколения «матерей» и «дочерей». Для снижения размерности данных и визуализации различий между группами в многомерном пространстве использовали метод главных компонент (МГК). Установлены различия в гематологических показателях скота породы герефорд разного возраста. Животные смежных поколений, содержащиеся в одинаковых условиях, близкие по генотипу, но разного возраста, имеют отличия не только в абсолютных значениях гематологических показателей, но формируют и разные корреляции между признаками, в том числе отвечающими за работу иммунной системы. Метод главных компонент подтверждает тенденцию различий животных двух разных поколений. Полученные данные могут быть использованы на практике для совершенствования систем управления стадом

* Работа выполнена в рамках проекта научной тематики «Формирование племенного стада герефордской породы мясного скота с улучшенной продуктивностью с использованием генетических методов селекции (FESF-2023-0002)», регистрационный номер 1023030200009-4-4.2.1. / The work was carried out within the framework of the scientific project «Formation of a breeding herd of the Hereford beef cattle breed with improved productivity using genetic breeding methods (FESF-2023-0002)», registration number 1023030200009-4-4.2.1.

мясного скота. Снижение количества лейкоцитов может указывать на ослабление иммунитета. Показатели крови крупного рогатого скота считаются маркерами изменений, происходящих в организме животных с возрастом, и позволяют лучше контролировать общее состояние ценного племенного поголовья. Результаты исследования имеют практическую значимость для повышения эффективности мясного скотоводства.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, порода герефорд, гематологический профиль, возрастные различия

ANALYSIS OF AGE-RELATED DIFFERENCES IN HEMATOLOGICAL TRAITS OF HEREFORD CATTLE BREED

M.A. Barsukova, *PhD in Biological Sciences*

K.N. Narozhnykh, *PhD in Biological Sciences*

O.I. Sebeziko, *PhD in Biological Sciences*

O.A. Ivanova, *Senior Lecturer*

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: mariabar23@yandex.ru

Abstract. *The paper presents the results of the analysis of hematological parameters of Hereford cattle bred in the south of Western Siberia in two adjacent generations. The animals were in the same conditions on the foothill pastures. Both absolute values and correlations between hematological signs in the generation of “mothers” and “daughters” were analyzed. In order to reduce the dimensionality of the data and visualize the differences between groups in a multidimensional space, the principal component method (MGK) was used. Differences in hematological parameters of Hereford cattle of different ages have been established. Animals of adjacent generations kept in the same conditions, similar in genotype and differing only in age, nevertheless have significant differences not only in absolute values of hematological parameters, but also form different correlations between signs, including those responsible for the functioning of the immune system. The principal component method we used also confirms the tendency of differences between animals of two different generations (ages). The data obtained can be used in practice to improve herd management systems for beef cattle. Thus, a decrease in the number of white blood cells may indicate a weakening of the immune system. Thus, the results of the study are of practical importance for improving the efficiency of beef cattle breeding. Thus, blood counts of cattle characterize not only the state of the body of individuals, but also are markers of changes occurring in the body of animals with age and allow better control of the general condition of valuable breeding stock.*

Keywords: *cattle, Hereford breed, hematological profile, age differences*

Современное мясное скотоводство подразумевает использование разных технологий, но одна из наиболее распространенных – содержание животных под открытым небом на протяжении всего года на откормочных площадках или пастбищах. [15, 17] Такая технология предпочтительна с точки зрения состояния здоровья и благополучия животных, особенно это актуально для ремонтного молодняка и коров, срок использования которых может достигать десяти и более отелов в благоприятных условиях. [3, 16, 22] С другой стороны, круглогодичное содержание взрослых животных на открытом воздухе на юге Западной Сибири сопровождается стрессом, связанным с пиковыми значениями температур в летний и зимний периоды. Известно, что несмотря на высокий адаптивный потенциал скота породы *герефорд*, температурный стресс может повлиять на состояние животных, их рост и репродуктивные качества, наряду с условиями кормления и сопутствующими технологическими факторами. [1, 11, 13, 20]

Для определения состояния животных, их здоровья и благополучия используют разнообразные модели, в том числе показатели крови. Гематологический профиль животных отражает не только состояние здоровья, но и уровень адаптированности к локальным условиям. [21] Животные разного происхождения, возраста и уровня продуктивности могут различаться по количественным и качественным показателям крови, что также возможно использовать в качестве маркера для определения их состояния для конкретного региона или популяции. [4, 6, 19, 24] Вызывает интерес как генетическая составляющая

гематологических показателей, так и их связь между собой. Показано наличие выраженных корреляций между признаками крови у мясного скота, а также их умеренной наследуемости. [9] Существенные межпородные различия в составе крови, в том числе количестве и соотношении форменных элементов, показаны не только для молочного скота, но и мясного. [12] Это подтверждает, что гематологические показатели могут варьировать в зависимости от породных особенностей, что необходимо учитывать при интерпретации результатов.

Различия гематологического профиля животных одного стада зависят в первую очередь от возраста и условий выращивания молодняка в первые месяцы жизни. Установлено влияние года рождения на показатели молочных и мясных коров и их продуктивное долголетие. [2, 5] Количество и соотношение форменных элементов крови, различающиеся у животных разного возраста, можно использовать как маркер изменения состояния здоровья и общего благополучия. [8] Выявлена прогностическая роль соотношения лейкоцитов и тромбоцитов для человека и животных, а размер и количество эритроцитов – один из показателей наличия проблем с содержанием в организме железа. [18, 23, 25] С точки зрения формирования продуктивности гематологические признаки имеют слабый прогностический эффект, однако интерес представляет наличие корреляций между признаками крови и их изменения у животных разных поколений. [10]

Цель работы – изучение связи возраста с гематологическими показателями мясного скота породы *герефорд* на основе двух смежных поколений.

Исследование проводили в племенном хозяйстве по разведению скота породы *геррефорд*, расположенном в Новосибирской области. Были использованы образцы крови крупного рогатого скота двух поколений – материнского (n = 66) и дочернего (n = 66), пары мать-дочь с подтвержденным происхождением. Животных содержали в одинаковых условиях на предгорных пастбищах юга Западной Сибири в течение летнего периода. Возраст коров материнского поколения – 3...5 отелов, телок дочернего – 17...18 мес. Все животные были здоровы на момент взятия проб крови. Учет этих факторов позволяет минимизировать их влияние на гематологические показатели и выявить возрастные различия.

Образцы крови брали в стандартные вакуумные пробирки из хвостовой вены в течение одного дня, перед формированием гуртов для перевода на зимние пашадки. Материал доставляли в лабораторию биохимии кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии в термобоксе с хладогентом при температуре 2...4 °С. Анализ крови проводили с помощью автоматического гематологического анализатора 3 dif на 18 параметров PCE 90Vet.

Для количественных показателей крови рассчитаны медианы (Me) и межквартильные размахи (IQR) в связи с тем, что распределение их большинства, согласно критерию Шапиро-Уилка (SW), отличалось от нормального. Для оценки статистической значимости различий между группами «матери» и «дочери» применили непараметрический тест Вилкоксона. Чтобы выявить взаимосвязи между гематологическими показателями в каждой группе использовали коэффициент корреляции Спирмена. Для снижения размерности данных и визуализации различий между группами в многомерном пространстве использовали метод главных компонент (МГК). Рассчитали факторные нагрузки для каждой главной компоненты, визуализацию распределения показателей в пространстве первых двух главных компонент выполнили с помощью диаграммы рассеяния с эллипсами, отображающими 95% доверительные интервалы для каждой группы.

В таблице 1 приведены медианные показатели крови для двух поколений (пары мать-дочь) породы *геррефорд*. Поскольку по большинству признаков, за исключением среднего объема эритроцита, распределение отличалось от нормального (SWp = 0,631 у матерей и 0,351 у дочерей), то различия между группами определяли по тесту Вилкоксона для связанных выборок. Результаты подтвердили наличие разницы в параметрах крови у матерей и их дочерей в пределах исследуемой группы.

В поколении дочерей количество эритроцитов, содержание гемоглобина и гематокрит были несколько выше, чем в материнском при меньшем среднем объеме эритроцита (47,0, по сравнению с 53,7 у матерей). Наиболее существенная разница отмечена в количестве тромбоцитов – 294,0 × 10⁹/л у материнского поколения и 228,5 × 10⁹/л – дочернего, с заметно меньшим размахом изменчивости (IQR = 176,9, по сравнению с 298,08 у материнского).

Были рассчитаны коэффициенты корреляции отдельно для материнского и дочернего поколений (табл. 2, 3).

Как для материнского, так и дочернего поколений обнаружены высокие достоверные корреляции между количеством эритроцитов, гемоглобина и гематокритом. Но при общем высоком уровне достоверности (p < 0,001) для группы дочерей величина корреляций между этими признаками была ниже (0,62...0,83), чем у группы матерей – 0,89...0,96. При этом размер корреляции между средним содержанием гемоглобина в эритроците (MCH) и средним объемом эритроцита (MCV) был одинаково высоким как для матерей, так и телок дочернего поколения – 0,816 и 0,821 соответственно. Среднее содержание гемоглобина в эритроците для дочернего поколения также достоверно отрицательно коррелировало с количеством эритроцитов (r = -0,445, p < 0,001), в то время как у материнского значимой корреляции по этому признаку не выявлено. У телок дочернего поколения менее выражена корреляция между шириной распределения эритроцитов

Таблица 1.

Медианные значения показателей крови для материнского и дочернего поколений скота породы *геррефорд*

Показатель	Материнское поколение (n=66)		Дочернее поколение (n=66)		P-значение
	Me	IQR	Me	IQR	
Лейкоциты (WBS), × 10 ⁹ /л	7,2	2,9	9,4	2,9	<0,001
Эритроциты (RBC), × 10 ⁹ /л	6,36	1,17	7,54	1,24	<0,001
Гемоглобин (HGB), г/л	102,0	22	108,0	15,2	<0,001
Гематокрит (HCT), %	34,2	7,17	35,8	5,72	<0,001
Средний объем эритроцита (MCV), фл	53,7	4,81	47,0	4,95	<0,001
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), пг	16,0	1,42	14,2	1,33	<0,001
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC), г/л	298,5	11,0	306,0	11,1	<0,001
Ширина распределения эритроцитов (RDW), %	15,1	0,9	16,1	1,51	<0,001
Тромбоциты (PLT), × 10 ⁹ /л	294,0	298,8	228,5	176,9	<0,001
Средний объем тромбоцитов (MPV), фл	7,8	0,708	6,9	0,717	<0,001
Относительная ширина распределения тромбоцитов по объему (PDW), %	16,3	0,408	15,6	0,8	<0,001
Тромбокрит (PTC), %	0,212	0,233	0,155	0,131	<0,001

Таблица 2.

Корреляция между показателями крови у коров материнского поколения

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV_fI	MCH_pg	MCHC	RDW	PLT	MPV_fI	PDW	PCT
WBC	1,000											
RBC	0,232 ± 0,122	1,000										
HGB	0,092 ± 0,124	0,898 ± 0,055***	1,000									
HCT	0,148 ± 0,124	0,911 ± 0,051***	0,968 ± 0,031***	1,000								
MCV_fI	-0,050 ± 0,125	-0,011 ± 0,125	0,274 ± 0,120*	0,322 ± 0,118**	1,000							
MCH_pg	-0,148 ± 0,124	-0,143 ± 0,124	0,221 ± 0,122	0,156 ± 0,123	0,816 ± 0,072***	1,000						
MCHC	-0,076 ± 0,125	-0,104 ± 0,124	-0,029 ± 0,125	-0,184 ± 0,123	-0,265 ± 0,121*	0,203 ± 0,122	1,000					
RDW	0,193 ± 0,123	-0,091 ± 0,124	-0,269 ± 0,120*	-0,256 ± 0,121*	-0,360 ± 0,117**	-0,329 ± 0,118**	0,061 ± 0,125	1,000				
PLT	0,450 ± 0,112***	-0,125 ± 0,124	-0,175 ± 0,123	-0,171 ± 0,123	-0,169 ± 0,123	-0,172 ± 0,123	-0,023 ± 0,125	0,250 ± 0,121*	1,000			
MPV_fI	-0,047 ± 0,125	-0,371 ± 0,116**	-0,303 ± 0,119*	-0,340 ± 0,118**	0,124 ± 0,124	0,197 ± 0,123	0,077 ± 0,125	-0,121 ± 0,124	-0,090 ± 0,124	1,000		
PDW	0,109 ± 0,124	-0,155 ± 0,123	-0,009 ± 0,125	-0,033 ± 0,125	0,429 ± 0,113***	0,468 ± 0,110***	0,056 ± 0,125	-0,360 ± 0,117**	-0,142 ± 0,124	0,691 ± 0,090***	1,000	
PCT	0,344 ± 0,117**	-0,106 ± 0,124	-0,120 ± 0,124	-0,121 ± 0,124	-0,092 ± 0,124	-0,100 ± 0,124	0,028 ± 0,125	0,149 ± 0,124	0,888 ± 0,057***	-0,067 ± 0,125	-0,114 ± 0,124	1,000

Примечание. WBS, x 109/л – лейкоциты; RBC, x 109/л – эритроциты; HGB, г/л – гемоглобин; HCT, % – гематокрит; MCV, фл – средний объем эритроцита; MCH, пг – среднее содержание гемоглобина в эритроците; MCHC, г/л – средняя концентрация гемоглобина в эритроците; RDW, % – ширина распределения эритроцитов; PLT, x 109/л – тромбоциты; MPV, фл – средний объем тромбоцитов; PDW, % – относительная ширина распределения тромбоцитов по объему; PCT, % – тромбокрит. То же в табл. 3, 4.

Таблица 3.

Корреляция между показателями крови у коров дочернего поколения

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV_fI	MCH_pg	MCHC	RDW	PLT	MPV_fI	PDW	PCT
WBC	1,000											
RBC	0,238 ± 0,121	1,000										
HGB	0,170 ± 0,123	0,625 ± 0,098***	1,000									
HCT	0,055 ± 0,125	0,715 ± 0,087***	0,828 ± 0,070***	1,000								
MCV_fI	-0,180 ± 0,123	-0,388 ± 0,115**	0,093 ± 0,124	0,228 ± 0,122	1,000							
MCH_pg	-0,139 ± 0,124	-0,455 ± 0,111***	0,255 ± 0,121*	0,151 ± 0,124	0,821 ± 0,071***	1,000						
MCHC	0,377 ± 0,116**	0,271 ± 0,120*	0,345 ± 0,117**	-0,007 ± 0,125	-0,383 ± 0,115**	-0,054 ± 0,125	1,000					
RDW	0,144 ± 0,124	0,327 ± 0,118**	0,026 ± 0,125	0,072 ± 0,125	-0,327 ± 0,118**	-0,344 ± 0,117**	0,203 ± 0,122	1,000				
PLT	0,229 ± 0,122	0,034 ± 0,125	-0,134 ± 0,124	0,062 ± 0,125	0,105 ± 0,124	-0,020 ± 0,125	-0,142 ± 0,124	0,071 ± 0,125	1,000			
MPV_fI	-0,058 ± 0,125	-0,265 ± 0,121*	-0,171 ± 0,123	0,016 ± 0,125	0,430 ± 0,113***	0,325 ± 0,118**	-0,340 ± 0,118**	-0,289 ± 0,120*	0,089 ± 0,125	1,000		
PDW	-0,085 ± 0,125	-0,317 ± 0,119**	-0,160 ± 0,123	0,089 ± 0,124	0,637 ± 0,096***	0,498 ± 0,108***	-0,363 ± 0,116**	-0,385 ± 0,115**	0,414 ± 0,114***	0,695 ± 0,090***	1,000	
PCT	0,113 ± 0,124	-0,045 ± 0,125	-0,033 ± 0,125	0,010 ± 0,125	0,130 ± 0,124	0,156 ± 0,123	-0,014 ± 0,125	-0,017 ± 0,125	0,857 ± 0,064***	0,050 ± 0,125	0,361 ± 0,117**	1,000

(RDW) и признаками, характеризующими количество гемоглобина. Содержание гемоглобина у этой группы было выше и имело меньший размах изменчивости, по сравнению с величиной этого признака у матерей.

У взрослых коров и телок дочернего поколения установлены высокие достоверные корреляции между признаками, характеризующими относительное и абсолютное содержание тромбоцитов в крови, а также относительной шириной распределения тромбоцитов по объему (PDW) и средним объемом эритроцитов – 0,42 и 0,65 соответственно при $p < 0,001$.

Существенная отличительная черта взрослых коров материнского поколения – наличие достоверных корреляций между количеством лейкоцитов (WBC) и тромбоцитов (PLT) – 0,45 ($p < 0,001$), лейкоцитов и тромбоцитом – 0,344 ($p < 0,01$), в то время как у телок дочернего поколения корреляции между этими признаками незначительны и недостоверны. Учитывая данные о роли тромбоцитов не только в процессах свертывания крови, но и формировании иммунного ответа из-за активации факторов врожденного и адаптивного иммунитета, корреляция между количеством тромбоцитов и лейкоцитами у взрослых животных может быть интересна как одна из характеристик состояния животных в стаде. [7, 14] Отсутствие подобной корреляции у молодых животных подтверждает важность этого параметра.

Факторные нагрузки на главные компоненты представлены в таблице 4, визуализация в пространстве двух первых компонент – на рисунке (4-я стр. обл.).

Наибольшая нагрузка в первой главной компоненте приходится на лейкоциты и комплекс признаков, связанных с количеством эритроцитов и гемоглобина, а также относительную ширину распределения тромбоцитов по объему, во второй – количество тромбоцитов и тромбоцит (табл. 4).

На рисунке видно, что наибольшие различия между материнским и дочерним поколениями наблюдаются в пространстве первой компоненты, где, несмотря на зону пересечения эллипсов, выделяются две разнонаправленные тенденции для матерей и дочерей. Формирование выбросов в пространстве первой компоненты для животных разных поколений также разнонаправ-

лено. Животные дочернего поколения имеют более высокие показатели по признакам, связанным с количеством эритроцитов и гемоглобина, по сравнению с материнским, в то же время для группы матерей видно увеличение тромбоцитов и тромбокрита. В пространстве второй компоненты нет значимых различий между группами матерей и дочерей, формирование выбросов у животных также происходит однонаправленно.

Анализ факторных нагрузок показал, что первая главная компонента в основном отражает изменения, связанные с эритропозом и обменом железа, вторая – функционированием тромбоцитов. Животные дочернего поколения характеризуются более высокими значениями показателей, связанных с эритропозом, у материнского – тромбоцитами. Такие различия могут быть обусловлены возрастными изменениями в интенсивности обменных процессов и гормональном статусе животных. Дальнейшие исследования позволяют более детально изучить физиологические механизмы, лежащие в основе наблюдаемых изменений.

Выводы. Установлены различия в гематологических показателях скота породы *геррефорд* разного возраста. Животные смежных поколений, содержащиеся в одинаковых условиях, близкие по генотипу, но различного возраста, имеют отличия не только в абсолютных значениях гематологических показателей, но формируют разные корреляции между признаками, в том числе и отвечающими за работу иммунной системы. Используемый нами метод главных компонент подтверждает тенденцию различий животных двух разных поколений. Полученные данные полезны на практике для совершенствования систем управления стадом мясного скота. Например, по гематологическим показателям, таким как количество эритроцитов, гемоглобин и гематокрит, косвенно оценивается уровень обмена веществ и адаптационный потенциал животных. Это позволит более точно прогнозировать продуктивность телок и отбирать наиболее перспективных особей для дальнейшего разведения. Выявленные возрастные изменения в гематологических показателях могут быть использованы для ранней диагностики некоторых заболеваний. Снижение количества лейкоцитов предположительно указывает на ослабление иммунитета. Таким образом, результаты исследования имеют практическую значимость для повышения эффективности мясного скотоводства.

Таким образом, показатели крови крупного рогатого скота характеризуют не только состояние организма индивидов, но и считаются маркерами изменений, происходящих в организме животных с возрастом, и позволяют лучше контролировать общее состояние ценного племенного поголовья.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барсукова М. А. Динамика численности и продуктивности племенного скота породы геррефорд в Новосибирской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 5. С. 79–84. <https://doi.org/10.31857/S2500208224050162>
2. Барсукова М.А., Иванова О.А., Афанасьева И.А. и др. Мониторинг живой массы племенного скота геррефордской породы в условиях пастбищного содержания // Инновации и продовольственная безопасность. 2024. № 1(43). С. 10–19. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-43-1-10-19>

Таблица 4.

Факторные нагрузки на главные компоненты

Признак	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5
WBC	0,4625	0,0467	0,0432	0,0863	0,0287
RBC	0,7868	0,1004	0,0274	0,0480	0,0006
HGB	0,2815	0,4090	0,2199	0,0025	0,0001
HCT	0,4748	0,1301	0,2340	0,1252	0,0011
MCV_fl	0,3244	0,0005	0,4041	0,0603	0,0004
MCH_pg	0,3637	0,1394	0,2320	0,1503	0,0004
MCHC	0,0010	0,2152	0,0077	0,6483	0,0030
RDW	0,3281	0,1905	0,0162	0,0669	0,0561
PLT	0,1317	0,6242	0,1380	0,0012	0,0033
MPV_fl	0,0213	0,0000	0,0071	0,0246	0,8958
PDW	0,3775	0,0690	0,3217	0,0084	0,0013
PTC	0,0296	0,5193	0,2083	0,0545	0,0180

3. Дерюгина А.В., Иващенко М.Н., Таламанова М.Н. и др. Адаптационные изменения крови коров при технологическом стрессе // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023. № 1. С. 73–76. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/1/73-76>
4. Жучаев К.В., Борисенко Е.А., Барсукова М.А. Влияние процессов адаптации на генетический гомеостаз продуктивной популяции // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2010. № 4(16). С. 28–31.
5. Мурадян А.М., Соловьева О.И., Рузанова Н.Г., Аксенова О.Н. Биохимические и морфологические показатели крови и уровень естественной резистентности завезенных коров в Армении // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2024. № 4. С. 95–98. <https://doi.org/10.31857/S2500208224040181>
6. Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Петухов В.Л. и др. Влияние породной принадлежности на уровень цинка в печени крупного рогатого скота // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2024. № 110. С. 268–273. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-268-273>
7. Boilard E., Nigrovic P.A., Larabee K. et al. Platelets Amplify Inflammation in Arthritis via Collagen-Dependent Microparticle Production // *Science*. 2010. № 327. PP. 580–583. <https://doi.org/10.1126/science.1181928>
8. Bourgon S.L., Diel de Amorim M., Miller S.P., Montanholi Y.R. Associations of blood parameters with age, feed efficiency and sampling routine in young beef bulls // *Livestock Science*. 2017. Vol. 195. PP. 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.003>
9. Chinchilla-Vargas J., Kramer L.M., Tucker J.D. et al. Genetic Basis of Blood-Based Traits and Their Relationship With Performance and Environment in Beef Cattle at Weaning // *Frontiers in Genetics*. 2020. Vol. 11. 00717. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00717>
10. Chinchilla-Vargas J., Kramer L., Lester T.D. et al. Genetic basis of blood traits in beef cattle and their relationship to production traits at weaning // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98. 3. P. 29. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa054.052>
11. Fernandez-Novo A., Pérez-Garnelo S.S., Villagrà A. et al. The Effect of Stress on Reproduction and Reproductive Technologies in Beef Cattle—A Review // *Animals*. 2020. № 10. 2096. <https://doi.org/10.3390/ani10112096>
12. Guyot H., Legroux D., Eppe J. et al. Hematologic and Serum Biochemical Characteristics of Belgian Blue Cattle // *Veterinary Sciences*. 2024. № 11. P. 222. <https://doi.org/10.3390/vetsci11050222>
13. Kim W.-S., Ghassemi Nejad J., Lee H.-G. Impact of Cold Stress on Physiological, Endocrinological, Immunological, Metabolic, and Behavioral Changes of Beef Cattle at Different Stages of Growth // *Animals*. 2023. № 13. 1073. <https://doi.org/10.3390/ani13061073>
14. Koupenova M., Clancy L.C., Corkrey H.A., Freedman J.E. Circulating Platelets as Mediators of Immunity, Inflammation, and Thrombosis // *Circulation Research*. 2018. Vol. 122. 2. PP. 337–351. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.310795>
15. Macitelli F., Braga J.S., Gellatly D., Paranhos da Costa M.J.R. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare // *Animal*. 2020. № 14(12). PP. 2588–2597. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001652>
16. Masebo N.T., Marliani G., Cavallini D. et al. Health and welfare assessment of beef cattle during the adaptation period in a specialized commercial fattening unit // *Research in Veterinary Science*. 2023. Vol. 158. PP. 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.03.008>
17. McAllister T.A., Stanford K., Chaves A.V. et al. Nutrition, feeding and management of beef cattle in intensive and extensive production systems // *Animal Agriculture, Academic Press*. 2020. PP. 75–98. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00005-7>
18. Narozhnykh K. Development of a Predictive Model for Iron Levels in Bovine Muscle Tissue Using Hair as a Predictor // *Animals*. 2024. № 14. 1028. <https://doi.org/10.3390/ani14071028>
19. Rocha T.B., da Cruz Paulino R., Soares D.M. Hematology and biochemistry of buffalo (*Bubalus bubalis*): influence of sex and age on reference values // *Trop Anim Health Prod*. 2021. № 53. 273. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02727-x>
20. Scheffler T.L. Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle // *Animals*. 2022. № 12. P. 220. <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
21. Sofyan H., Satyaningtjas A.S., Sumantri C. et al. Hematological profile of aceh cattle // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2020. № 8 (1). PP. 108–114. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.1.108.114>
22. Tarantola M., Biasato I., Biasibetti E. et al. Beef cattle welfare assessment: use of resource and animal-based indicators, blood parameters and hair 20 β -dihydrocortisol // *Italian Journal of Animal Science*. 2020. № 19(1). PP. 341–350. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743783>
23. Wagner B.K., Martin D.G., Rudd D.M., Parker A.J. Oxytocin alters leukogram composition in *Bos indicus* cattle exposed to short-duration transportation // *Animal Production Science*. 2021. 361. PP. 1315–1320.
24. Wang H., Chang H., Weng H. et al. Study of Plasma Biochemistry and Plasma Metabolomics Differences in Montbéliard and Holstein Backcross and Holstein Heifers // *Animals*. 2024. № 14. 2294. <https://doi.org/10.3390/ani14162294>
25. Zhang W., Wang Y., Zhang Q. et al. Prognostic significance of white blood cell to platelet ratio in delayed cerebral ischemia and long-term clinical outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhagen // *Frontiers in Neurology*. 2023. Vol. 14. 1180178. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1180178>

REFERENCES

1. Barsukova M. A. Dinamika chislenosti i produktivnosti plemennogo skota porody gereford v Novosibirskoj oblasti // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2024. № 5. S. 79–84. — <https://doi.org/10.31857/S2500208224050162>
2. Barsukova M.A., Ivanova O.A., Afanas'eva I.A. i dr. Monitoring zhivoj massy plemennogo skota gerefordskoj porody v usloviyah pastbishchnogo sodержaniya // *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*. 2024. № 1(43). S. 10–19. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-43-1-10-19>
3. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Talamanova M.N. i dr. Adaptacionnye izmeneniya krvi korov pri tekhnologicheskome strese // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2023. № 1. S. 73–76. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/1/73-76>
4. Zhuchaeв K.V., Borisenko E.A., Barsukova M.A. Vliyanie processov adaptacii na geneticheskij gomeostaz produktivnoj populyacii // *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*. 2010. № 4(16). S. 28–31.
5. Muradyan A.M., Solov'eva O.I., Ruzanova N.G., Aksenova O.N. Biohimicheskie i morfologicheskie pokazateli krvi i uroven' estestvennoj rezistentnosti zavezennyh korov v Armenii // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2024. № 4. S. 95–98. <https://doi.org/10.31857/S2500208224040181>
6. Narozhnyh K.N., Konovalova T.V., Petuhov V.L. i dr. Vliyanie porodnoj prinadlezhnosti na uroven' cinka v pecheni krup-

- nogo rogatogo skota // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. № 110. S. 268–273. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-268-273>
7. Boilard E., Nigrovic P.A., Larabee K. et al. Platelets Amplify Inflammation in Arthritis via Collagen-Dependent Microparticle Production // *Science*. 2010. № 327. PP. 580–583. <https://doi.org/10.1126/science.1181928>
 8. Bourgon S.L., Diel de Amorim M., Miller S.P., Montanholi Y.R. Associations of blood parameters with age, feed efficiency and sampling routine in young beef bulls // *Livestock Science*. 2017. Vol. 195. PP. 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.003>
 9. Chinchilla-Vargas J., Kramer L.M., Tucker J.D. et al. Genetic Basis of Blood-Based Traits and Their Relationship With Performance and Environment in Beef Cattle at Weaning // *Frontiers in Genetics*. 2020. Vol. 11. 00717. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00717>
 10. Chinchilla-Vargas J., Kramer L., Lester T.D. et al. Genetic basis of blood traits in beef cattle and their relationship to production traits at weaning // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98. 3. PP. 29. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa054.052>
 11. Fernandez-Novo A., Pérez-Garnelo S.S., Villagrà A. et al. The Effect of Stress on Reproduction and Reproductive Technologies in Beef Cattle—A Review // *Animals*. 2020. № 10. 2096. <https://doi.org/10.3390/ani10112096>
 12. Guyot H., Legroux D., Eppe J. et al. Hematologic and Serum Biochemical Characteristics of Belgian Blue Cattle // *Veterinary Sciences*. 2024. № 11. P. 222. <https://doi.org/10.3390/vetsci11050222>
 13. Kim W.-S., Ghassemi Nejad J., Lee H.-G. Impact of Cold Stress on Physiological, Endocrinological, Immunological, Metabolic, and Behavioral Changes of Beef Cattle at Different Stages of Growth // *Animals*. 2023. № 13. 1073. <https://doi.org/10.3390/ani13061073>
 14. Koupenova M., Clancy L.C., Corkrey H.A., Freedman J.E. Circulating Platelets as Mediators of Immunity, Inflammation, and Thrombosis // *Circulation Research*. 2018. Vol. 122. 2. PP. 337–351. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.310795>
 15. Macitelli F., Braga J.S., Gellatly D., Paranhos da Costa M.J.R. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare // *Animal*. 2020. № 14(12). PP. 2588–2597. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001652>
 16. Masebo N.T., Marliani G., Cavallini D. et al. Health and welfare assessment of beef cattle during the adaptation period in a specialized commercial fattening unit // *Research in Veterinary Science*. 2023. Vol. 158. PP. 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.03.008>
 17. McAllister T.A., Stanford K., Chaves A.V. et al. Nutrition, feeding and management of beef cattle in intensive and extensive production systems // *Animal Agriculture*, Academic Press. 2020. PP. 75–98. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00005-7>
 18. Narozhnykh K. Development of a Predictive Model for Iron Levels in Bovine Muscle Tissue Using Hair as a Predictor // *Animals*. 2024. № 14. 1028. <https://doi.org/10.3390/ani14071028>
 19. Rocha T.B., da Cruz Paulino R., Soares D.M. Hematology and biochemistry of buffalo (*Bubalus bubalis*): influence of sex and age on reference values // *Trop Anim Health Prod*. 2021. № 53. 273. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02727-x>
 20. Scheffler T.L. Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle // *Animals*. 2022. № 12. P. 220. <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
 21. Sofyan H., Satyaningtjas A.S., Sumantri C. et al. Hematological profile of aceh cattle // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2020. № 8 (1). PP. 108–114. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.1.108.114>
 22. Tarantola M., Biasato I., Biasibetti E. et al. Beef cattle welfare assessment: use of resource and animal-based indicators, blood parameters and hair 20 β -dihydrocortisol // *Italian Journal of Animal Science*. 2020. № 19(1). PP. 341–350. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743783>
 23. Wagner B.K., Martin D.G., Rudd D.M., Parker A.J. Oxytocin alters leukogram composition in *Bos indicus* cattle exposed to short-duration transportation // *Animal Production Science*. 2021. 361. PP. 1315–1320.
 24. Wang H., Chang H., Weng H. et al. Study of Plasma Biochemistry and Plasma Metabolomics Differences in Montbéliard and Holstein Backcross and Holstein Heifers // *Animals*. 2024. № 14. 2294. <https://doi.org/10.3390/ani14162294>
 25. Zhang W., Wang Y., Zhang Q. et al. Prognostic significance of white blood cell to platelet ratio in delayed cerebral ischemia and long-term clinical outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage // *Frontiers in Neurology*. 2023. Vol. 14. 1180178. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1180178>

Поступила в редакцию 27.09.2024

Принята к публикации 11.10.2024

УДК.576.316:599.323.4

DOI: 10.31857/S2500208225020181, EDN: HVPICO

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЕНОТОВИДНОЙ СОБАКИ (*NYCTEREUTES PROCYONOIDES*)

Лариса Дмитриевна Сафронова¹, доктор биологических наук

Вера Борисовна Сычева¹, кандидат биологических наук

Евгений Геннадьевич Сергеев², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева РАН, пос. Родники,

Раменский район, Московская область, Россия

E-mail: ldsafroнова@gmail.com

Аннотация. Енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides*) признана старейшим видом семейства *Canidae* и представляет отдельную ветвь на филогенетическом древе псовых. Высказано предположение, что енотовидная собака обладает самым примитивным кариотипом в семействе *Canidae*. Различают три подвида: китайская енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides procyonoides*

(*N.p.p.*), уссурийская *Nyctereutes procyonoides ussuriensis* (*N.p.u.*) и японская *Nyctereutes procyonoides viverrinus* (*N.p.v.*). Кариотип китайской енотовидной собаки ($2n = 54 + B$) состоит из пяти пар двуплечих аутосом и 21 пары акроцентрических. Половые хромосомы также двуплечие, хромосома среднего размера – X, самая маленькая – Y в кариотипе, где существует переменное (1–4) число B-хромосом. Кариотип японской енотовидной собаки ($2n = 38 + B$) включает 13 пар двуплечих хромосом, 5 пар акроцентрических и двуплечие X- и Y-хромосомы. У этого подвида присутствует переменное число (2–7) B-хромосом. Несмотря на то, что кариотипы обоих подвидов не совпадают по числу хромосом и морфологии, они имеют одинаковое фундаментальное количество плеч хромосом – 66. У енотовидной собаки встречаются крупные акроцентрические B-хромосомы. Они различаются по размеру у двух подвидов. У китайской енотовидной собаки это акроцентрики среднего размера, у японской – мало. Bs скорее положительны по C-полосе, однако паттерны Cb-полосообразования не очень отчетливы, как в центромерах аутосом. R-полосообразование показало, что эти структуры поздно реплицируются.

Ключевые слова: енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides*, метафазные и мейотические хромосомы, мейоз, синаптонемный комплекс (СК), СК-кариотипы, молекулярные исследования

CYTOGENETIC AND MOLECULAR STUDIES OF DIFFERENT SPECIES OF RACCOON DOG (*NYCTEREUTES PROCYONOIDES*)

L.D. Safronova¹, *Grand PhD in Biological Sciences*

V.B. Sycheva¹, *PhD in Biological Sciences*

E.G. Sergeev², *PhD in Agricultural Sciences*

¹Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the RAS, Moscow, Russia

²V.A. Afanasyev Scientific Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding of the Russian Academy of Sciences, village Rodniki, Ramenskoye district, Moscow region, Russia

E-mail: ldsafronova@gmail.com

Abstract. The raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) is recognized as the oldest representative of the family Canidae and represents a distinct branch on the phylogenetic tree. The raccoon dog karyotype contains many segments homologous to chromosomes from the predicted ancestral karyotype for the order Carnivora were identified. Thus, it was suggested that the raccoon dog has the most primitive karyotype in the family Canidae. Two subspecies are recognized: the Chinese raccoon dog *Nyctereutes procyonoides procyonoides* (*N.p.p.*) and the Japanese raccoon dog *Nyctereutes procyonoides viverrinus* (*N.p.v.*). The karyotype of the Chinese raccoon dog ($2n = 54 + B$) consists of five pairs of biarmed autosomes and 21 pairs of acrocentric autosomes. The sex chromosomes are also biarmed, with the medium-sized X and Y chromosome being the smallest chromosome in the karyotype. In addition, there is a variable (1–4) number of B chromosomes in this karyotype. A proposal for chromosome nomenclature for the Chinese raccoon dog was recently presented. The karyotype of the Japanese raccoon dog ($2n = 38 + B$) includes 13 pairs of biarmed chromosomes, 5 pairs of acrocentric chromosomes, and biarmed X and Y chromosomes. This subspecies also has a variable number (2–7) of B chromosomes. Although the karyotypes of both subspecies differ in chromosome number and morphology, they have the same fundamental number of chromosome arms – 66. The raccoon dog has fairly large acrocentric B chromosomes. They differ in size in the two subspecies. In the Chinese raccoon dog, these are medium-sized acrocentrics, while in the Japanese raccoon dog, they are small acrocentrics. Bs are rather positive for C banding; however, the patterns of Cb banding are not as distinct as in autosomal centromeres. R banding has shown that these structures are late replicators.

Keywords: the raccoon dog *Nyctereutes procyonoides*, metaphasic and meiotic chromosome, meiosis, synaptonemal complex (SC), SC-karyotypes, molecular research

Енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides* Gray) относится к семейству собачьих (*Familia Canidae*) отряда хищных (*Order Carnivora*). Род *Nyctereutes* включает один вид, у которого насчитывают до пяти подвидов. Имеется описание трех подвидов енотовидных собак: *N. p. procyonoides* (Китай), *N. p. ussuriensis* (Россия) и *N. p. viverrinus* (Японские острова).

Цель работы – анализ исследований енотовидных собак различных подвидов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен обзор источников литературы на тему кариосистематики и молекулярной биологии в области изучения енотовидных собак.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Цитогенетические исследования

О.Г. Вард и другие ученые в 1987 году на основании цитогенетических и палеонтологических иссле-

дований сделали вывод, что два подвида *Nyctereutes procyonoides* произошли от общего материкового предка, японские енотовидные собаки считаются относительно недавней формой. Исследовали родство между подвидами *Nyctereutes procyonoides* из Китая ($2n = 54 + B$ -хромосомы) и Японии ($2n = 38 + B$ -хромосомы). Хромосомы китайских и японских енотовидных собак сравнивали с помощью обычного окрашивания, нитратом серебра NORs G- и C-полосок. Обширные гомологии G-полосок выявили эволюцию кариотипа путем слияния хромосом. Снижение диплоидного числа у японских енотовидных собак было достигнуто слиянием 16 акроцентрических элементов с образованием восьми метацентрических и субметацентрических. Десять пар аутосом оказались идентичными у этих подвидов и предполагалось, что они произошли от общего предка. Структура G-полос половых хромосом была сходной у двух подвидов, но присутствовали различия при использовании других методов полосования и окрашивания. B-хромосомы находились в разных количествах и размерах у всех исследованных жи-

вотных, но морфология В-хромосом отличалась у двух подвидов.

В-хромосомы (Bs) от двух видов енотовидной собаки (*Nyctereutes procyonoides*, *Carnivora*) были исследованы с помощью микродиссекции сегмента хромосомы и двухцветной FISH. [15] Все они показали гомологию друг с другом, но не с А-хромосомами. Два специфичных для сегмента зонда (из проксимальной и дистальной частей В-хромосомы) были локализованы в соответствующих участках хромосом со значительными различиями в их размерах.

В кариотипах примерно 50 видов животных визуализированы дополнительные хромосомы, названные В-хромосомами. Они распределяются случайным образом, различаются по количеству в клетках и образуют различную конфигурацию во время профазы мейоза. [12] До этого исследования не было доказательств рекомбинации между В-хромосомами. Авторы визуализировали синаптонемные комплексы в пахитенных сперматоцитах, используя антитело против белка аксиального элемента SCP3, и очаги рекомбинации, применяя антитело против белка репарации несоответствия (MLH1), который ассоциируется с узелками поздней рекомбинации в местах хиазмы. С помощью метода FISH со специальными окрашивающими зондами идентифицировали В-хромосомы. В 45 сперматоцитах, полученных от трех самцов китайских енотовидных собак, были обнаружены 2...5 В-хромосом. У трехвалентных количество очагов MLH1 варьирует от 1 до 2, четырехвалентных – от 0 до 3. Полностью парные В-хромосомы, различимые после применения FISH, содержали один очаг MLH1. В 70 сперматоцитах из семенников трех самцов рыжей лисицы были обнаружены В-хромосомы от 1 до 4. Очаги MLH1 наблюдали на двухвалентах (0...1 очаг) и трехвалентах (0...2 очага).

В работе Л.С. Ши с соавторами показано, что диплоидный набор хромосом китайской енотовидной собаки варьирует от 54 (без В-хромосом) до 58 (4 В-хромосомы). В-хромосомы тотально гетерохроматические. Исследование синаптонемных комплексов (СК) было сделано с помощью электронного микроскопа на сперматоцитах этих животных. СК кариотип состоит из 27 регулярных хромосомных пар (аутосомы и половые хромосомы) плюс В-хромосомы. В-хромосомы спариваются эффективно в пахитене, но СК оси В-хромосом намного плотнее, чем другие А-хромосомы. Независимо от числа В-хромосом, наблюдали как биваленты, как и мультиваленты. Когда В-хромосомы представлены в клетке, то вероятно было бы видно параллельное выравнивание всех трех СК. Все мультиваленты показали высокую гомологию среди этих трех гетерохроматических хромосом. Слияние выпуклостей было обнаружено вдоль неспаренных районов всех хромосом, которые оказывались в диплотене.

Семейство *Canidae* состоит из 36 видов, среди которых есть собаки и три вида одомашненных зверей (песец, рыжая лисица и енотовидная собака). [13, 16] В этом семействе широкий диапазон числа диплоидных хромосом, от 34 + переменного числа В-хромосом у рыжей лисицы до 78 у собаки и волка. Интересно, что внутривидовая изменчивость диплоидного числа хромосом существует у песца, рыжей лисицы и енотовидной собаки.

В начале 1990-х годов картирование генома домашних животных стало важным подходом в генетических

исследованиях. Карта генома собачьих маркеров охватывает хромосомный анализ и включает информацию о 3270 генетических маркерах. [3] Быстрый прогресс в этой области способствовал сравнительному анализу генома, включая эволюционные исследования некоторых видов, принадлежащих к семейству. Анализ генома млекопитающих, с использованием окраски хромосом позволил реконструировать предковый кариотип отряда *Carnivora*, который состоял из 42 хромосом, большинство из них сохранены в кариотипе кошек, но сильно перестроены у собак. [7, 17]

Дифференциация половых хромосом началась рано в ходе эволюции млекопитающих. [2] Кариотип почти всех плацентарных млекопитающих, живущих сегодня, включает пару гетерохромосом: XX у самок и XY у самцов. Геномы разных видов могут содержать гомологичные блоки синтении, указывающие на то, что они имеют общее происхождение. Один из инструментов, используемых для их идентификации, – метод Zoo-FISH. Цель исследования – определить, могут ли половые хромосомы некоторых членов семейства *Canidae* (домашняя собака, рыжая лисица, песец, межвидовой гибрид: песец × рыжая лисица и китайская енотовидная собака) быть эволюционно консервативными. Проведен сравнительный цитогенетический анализ Zoo-FISH с использованием окрашивающих зондов, специфичных для гетеросом домашних собак. Результаты показывают наличие гомологичной синтении, охватывающей всю структуру X- и Y-хромосом. Это говорит о том, что половые хромосомы консервативны в семействе *Canidae*. Данные, полученные с помощью анализа кариотипа Zoo-FISH, дополняют информацию от других методов сравнительной геномики, давая более полную картину эволюции генома.

Китайская енотовидная собака ($2n = 54 + 2-3 V$) и японская ($2n = 38 + 3-4 V$) – два подвида одного вида. Сравнительная хромосомная карта всего генома японской енотовидной и домашней собак (*Canis familiaris*) была составлена с помощью флуоресцентной гибридизации *in situ*. Зонды, специфичные для 38 аутосом, выявили 41 консервативный хромосомный сегмент у китайской енотовидной собаки. Каждый из зондов, взятых из хромосом 1, 13 и 19 собаки, окрашивал два сегмента хромосом китайской енотовидной собаки. [8]

Зонд с X-хромосомой собаки выявил всю X-хромосому китайской енотовидной собаки, зонд с Y-хромосомой собаки гибридизовался с псевдоаутосомной областью на (the Xpter) ПТР, а также со всей Y-хромосомой китайской енотовидной собаки. Сравнительный анализ закономерностей распределения консервативных сегментов, определенных по окраске собак, в геномах китайской и японской енотовидных собак показывает, что различия в кариотипах этих двух подвидов могли быть вызваны восемью робертсоновскими транслокациями. Большая разница в количестве хромосом между китайской и японской енотовидными собаками позволяет предположить, что их следует рассматривать как два разных вида.

Было проведено цитогенетическое исследование енотовидных собак на 10 самцах, выращенных на ферме. [10] В-хромосомы наблюдали на пахитенной стадии профазы I мейоза, на диакинезе и метафазе I мейоза, а также в соматических клетках для установления их количества, морфологии и паттернов передачи. Препараты митотических хромосом получены

после окрашивания лимфоцитов крови методами GTG и CBG-манипуляции. В клетках обследованных животных было обнаружено переменное количество В-хромосом (1...3). С помощью метода CBG установлено, что конститутивный гетерохроматин равномерно распределен по всей длине плеч В-хромосомы. Методом GTG были идентифицированы три морфологических типа В-хромосом. В-хромосомы в первичных сперматоцитах образуют различные конфигурации спаривания (одно-, двух- и трехвалентные) и синаптонемные комплексы В-хромосом обычно располагаются вблизи XY полового бивалента. Это может привести к инактивации X-хромосомы и последующим нарушениям в процессе сперматогенеза. Во время диакинеза и метафазы I мейоза наблюдали увеличение числа одновалентных В-хромосом, по сравнению со стадией пахитены профазы I мейоза, что может свидетельствовать об отсутствии хиазмы в парных хромосомах или преждевременной терминализации. [10] Дальнейшие исследования с использованием молекулярно-цитогенетических методов могут расширить наши знания о происхождении, эволюции и функции В-хромосом.

Исследования с использованием молекулярных маркеров

Были представлены новые хромосомные соответствия космид клонов, полученных от собак и содержащих микросателлиты, геномам китайской енотовидной собаки и песца. [14] Локализации согласуются с данными, полученными в ходе экспериментов по сравнительному окрашиванию хромосом геномов этих животных. Однако парацентрические инверсии обнаружены путем сравнения порядка локусов в кариотипах собак. Количество физически картированных локусов увеличилось до тридцати пяти как у китайской енотовидной собаки, так и у песца.

Выполнена работа по установлению генетическими методами таксономической дистанции между енотовидной собакой (*N. procyonoides*) как объекта клеточного пушного звероводства, домашней собакой (*Canis familiaris*), обыкновенным волком (*Canis lupus*), обыкновенной лисицей (*Vulpes vulpes*) и песцом (*Alopex lagopus* или *Vulpes lagopus*). [1] На основе 20 ядерных нуклеотидных сиквенсов, 3 сиквенсов митохондриальной ДНК, кодирующих единицы I и II цитохром оксидазы С с фрагментами цитохром b, был проведен соответствующий анализ. Результаты выстроенного филогенетического древа показали генетическую близость енотовидной собаки к обыкновенной лисице и песцу и удаленность от домашней собаки. Размеры генетической дистанции между этими группами указывают на то, что енотовидная собака скорее относится к примитивным представителям семейства *Canidae*.

Целью исследования Б. Сласка был анализ внутри- и межгруппового разнообразия у выращенных на фермах и диких енотовидных собак с использованием молекулярных маркеров. [11] Наблюдали генетические различия между отдельными группами енотовидных собак, сопровождавшиеся относительно высокой внутригрупповой генетической вариабельностью. У диких енотовидных собак самое высокое генетическое разнообразие, по сравнению с тремя исследуемыми группами енотовидных собак, выращенных на фермах, потому что они представляют собой отдельные филогенетические группы. Полученные результаты позво-

ляют предположить, что разведение на фермах может привести к дифференциации в филогенетическую линию, отличную от линии диких енотовидных собак. В каждом случае генетическое расстояние между животными, выведенными на отдельных фермах, было ниже, чем расстояние между животными, выращенными на фермах, и дикими животными. Поскольку разведение на польских фермах полностью основано на ранжировании фенотипов, генотип местных животных по-прежнему связан с генотипом диких.

Исследованы короткие тандемные повторы у японской енотовидной собаки (STRS, или микросателлиты). [4] Свойства продуктов ПЦР изучены с помощью электрофореза и анализа последовательностей. Шесть аллелей были обнаружены электрофорезом у девяти японских енотовидных собак. Анализ последовательностей шести аллелей показал, что варианты основаны на разнице в общем количестве повторов GAAA и GCAA. Повторяющиеся элементы у японских енотовидных собак были проще, чем у собачьих аллелей. Шесть аллелей были обозначены как 12-16 и 18. Аллели 15 и 18 были разделены на 1512, 1514, 1515, 1813 и 1814 подаллелей в зависимости от времени повторения GAAA. Их частота: аллель 12=0,10, 13=0,17, 14=0,17, 1512=0,22, 1514=0,06, 1515=0,06, 16=0,06, 1813=0,06 и 1814=0,10. Гетерозиготность рассчитана как равная 0,79 по аллелям STR и 0,86 по субаллелям. Новые праймеры для японских енотовидных собак разработаны на основе последовательности аллелей японской енотовидной собаки. Этот набор праймеров успешно амплифицирован в виде ампликона небольшого размера, который больше подходит для практического применения, чем праймеры для собак. Локус ZUBESA4 оказался полезным STR для идентификации видов, индивидуумов, изучения родословной и популяции японских енотовидных собак.

Изучены возможные различия между фермерскими и живущими в дикой природе енотовидными собаками. [5] Анализ полиморфизма 15 микросателлитных последовательностей привел к выводу, что енотовидные собаки, выращенные на польских фермах, и дикие – две генетически различные группы. Дикие польские енотовидные собаки генетически больше похожи на популяцию диких животных Калининградской области, чем на сельскохозяйственных. Анализ микросателлитных локусов показал четкие генетические различия между выращиваемыми и живущими в дикой природе популяциями енотовидной собаки, несмотря на всего лишь 50-летнюю изоляцию двух групп животных. Популяция, выращиваемая на фермах, характеризовалась более высокой генетической изменчивостью, чем обитающая в дикой природе. На основе проведенных анализов предложены три микросателлитных локуса (inu014, gen13J22 и gen41d20) для определения происхождения животных, сбегавших с ферм.

Енотовидные собаки (*Nyctereutes procyonoides*) – инвазивные виды природы Восточной Азии с несколькими отличительными характеристиками. [6] В этой статье авторы сообщают о хромосомном геноме китайской собаки с высокой непрерывностью, полнотой и точностью.

Сохраненные гены вкусовых рецепторов, расширенные семейства генов и положительно отобранные, связанные с пищеварением, абсорбцией, поис-

ком пищи и детоксикацией, вероятно, подтверждают всеядность енотовидных собак. Несколько положительно отобранных генов и специфичные для енотовидных собак мутации в генах TDRD6 и ZP3 могут объяснить их высокую репродуктивность. Было высказано предположение, что повышенные показатели энергетического обмена и положительно отобранные иммунные гены тесно связаны с разнообразной иммунной системой енотовидных собак. Мы обнаружили, что несколько расширенных семейств генов и положительно отобранные гены, связанные с липидным обменом и инсулинорезистентностью, могут способствовать зимнему сну енотовидной собаки. Этот высококачественный геном представляет собой ценный ресурс для понимания эволюционных особенностей вида.

Провели успешное исследование геномных карт разных псовых, включая виды, рассматриваемые как сельскохозяйственные животные. [9] Собачьи зонды ВАС (бактериальная искусственная хромосома), содержащие три гена, участвующих в определении пола (SOX9 – область Y- box 9, определяющая пол, AMH – антимюллеровский гормон и AR – рецептор андрогена), были картированы в хромосомах собаки, рыжей лисы, песца и китайской енотовидной собаки. Локализация этих генов может быть полезна в ассоциативных исследованиях, посвященных моногенетическим интрасексуальным расстройствам.

Выводы. В результате исследований установлено, что в природе существует три подвида енотовидной собаки: *N. p. procyonoides* (Китай), *N. p. ussuriensis* (Россия) и *N. p. viverrinus* (Японские острова). Животные этих подвидов мало отличимы фенотипически, но имеют различное гаплоидное число хромосом: *N. p. ussuriensis* (54 хромосомы + 2 В-хромосомы), *N. p. procyonoides* (2n = 54-58 + 2-3 В-хромосомы) и *N. p. viverrinus* (2n = 38 + 3-4 В-хромосомы). Установленные различия в кариотипах последних двух подвидов могли быть вызваны восемью Робертсоновскими транслокациями.

Енотовидная собака – не только объект промысловой охоты, с 1928 года ее также разводят на фермах в России. В работе были использованы енотовидные собаки, содержащиеся в клеточных условиях и принадлежавшие к подвиду *Nyctereutes procyonoides ussuriensis*. Описаны кардиологическое исследование митотических хромосом и электронно-микроскопический (ЭМ) анализ синаптонемных комплексов (СК) сперматоцитов на стадии средней пахитены, а также СК-кариотипирование на основе этого анализа. СК-кариотип состоит из 5 СК аутосомных метацентриков, 21 СК аутосомных аacroцентриков и XY-половых хромосом (X-хромосома – метацентрик среднего размера, Y-хромосома – наименьший аacroцентрик). Разные кардиологические показатели необходимы для выявления нарушений в митозе и мейозе, обусловленных хромосомными абберациями.

Проведен обзор молекулярных исследований для выявления генетических различий между подвидами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Лапа П., Лапински С., Сливяк В., Барабаш Б. Оценка генетической дистанции между енотовидной собакой (*Nyctereutes procyonoides*) и другими представителями семейства Canidae // Вестник ВОГиС. 2009. Т. 13. № 3. С. 647–654.

- Bugno-Poniewierska M., Sojecka A., Pawlina K. et al. Comparative cytogenetic analysis of sex chromosomes in several Canidae species using Zoo-FISH // Foliabiologica (Kraków). 2012. Vol. 60. PP. 11–16.
- Guyon R., Lorentzen T.D., Hitte C. et al. A 1-Mb resolution radiation hybrid map of the canid genome. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 2003. № 100. PP. 5296–5301.
- Hayashizono N., Ago K., Hayashi T. et al. Amplification of Microsatellites of Japanese Raccoon Dogs (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) with Primers for the Dog ZUBECA4 Locus // Med. J. Kagoshima Univ. 2010. Vol. 61. No. 3. PP. 41–46.
- Kasperek K., Horecka B., Jakubczak A. et al. Analysis of genetic variability in farmed and wild populations of raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) using microsatellite sequences // Annals of Animal Science. 2015. Vol. 15. No. 4. PP. 889–901. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0048>
- Lan T., Li H., Yang S. et al. The chromosome-scale genome of the raccoon dog: Insights into its evolutionary characteristics. // 3, 10. I Science 25, 105117 October 21, 2023, 10, <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105117>*
- Murphy J., Stanyon R. and O'Brien S.J. Evolution of mammalian genome organization inferred from comparative gene mapping // Genome Biology. 2001. № 2. PP. 1–8.
- Nie W., Wang J., Perelman P. et al. Comparative chromosome painting defines the karyotypic relationships among the domestic dog, Chinese raccoon dog and Japanese raccoon dog // Chromosome Research. 2003. № 11. PP. 735–740.
- Nowacka-Woszek J. and Switonski M. Comparative cytogenetic mapping of three genes involved in sex determination in four species of the family Canidae // Journal of Animal and Feed Sciences. 2010. № 19. PP. 5–12.
- Onderka A., Bugno M., Szeleszczuk O., Slota E. Cytogenetic investigation of racoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) // Annals of animal science. 2008. Vol. 8. № 3. PP. 271–280.
- Slaska B., Zieba G., Rozempolska-Rucinska I. et al. Evaluation of Genetic Biodiversity in Farm-bred and Wild Raccoon Dogs in Poland // Folia biologica (Kraków). 2010. Vol. 58. № 3–4. PP. 195–199. https://doi.org/10.3409/fb58_3-4.195-199
- Sosnowski J., Migalska L., Lukaszewicz A. et al. MLH1 foci as an evidence of recombination events between B chromosomes in Chinese raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides procyonoides*) and red fox (*Vulpes vulpes*) // Genetics. 18th international colloquium of animal cytogenetics and gene mapping. June 08–10. 2008. Bucharest.
- Świtoński M., Rogalska-Niznik N., Szczerbal I., Bear M. (Chromosome polymorphism and karyotype evolution of four canids: the dog, red fox, arctic fox and raccoon dog (review) // Caryologia, 2003. № 56. PP. 375–385.
- Szczerbal I., Rogalskay-Nijniy H., Shelling C. et al. Development cytogenetic map genomes of the Chinese raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides procyonoides*) and *Alopex lagopus* using microsatellites // Cytogenet Genome Res. 2003. № 102(1-4). PP. 267–71. <https://doi.org/10.1159/000075761/>
- Trifonov V.A., Perelman P.L., Kawada S.I. et al. Complex structure of B-chromosomes in two mammalian species: *Apodemus peninsulae* (Rodentia) and *Nyctereutes procyonoides* (Carnivora) // Chromosome Research 10. 2002. № 109. PP. 109–116.
- Wayne R. and Vila C. Phylogeny and Origin of the domestic dog // In: The genetics of the dog, 1st ed (edited by Ruvinsky A. and Sampson J). CABI Publishing. 2001. PP. 1–13.
- Yang F., Milne B.S., Schelling C. et al. Chromosome identification and assignment of dog DNA clones in the dog using a red fox and dog comparative map // Chromosome Research. 2000. № 8. PP. 93–100.

REFERENCES

1. Lapa P., Lapinski S., Slivyak V., Barabash B. Ocenka genetycznej odległości między gatunkami (Nyctereutes procyonoides) i innymi przedstawicielami rodziny Canidae // *Vestnik VOGiS*. 2009. T. 13. № 3. S. 647–654.
2. Bugno-Poniewierska M., Sojecka A., Pawlina K. et al. Comparative cytogenetic analysis of sex chromosomes in several Canidae species using Zoo-FISH // *Foliabiologica (Kraków)*. 2012. Vol. 60. PP. 11–16.
3. Guyon R., Lorentzen T.D., Hitte C. et al. A 1-Mb resolution radiation hybrid map of the canine genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 2003. № 100. PP. 5296–5301.
4. Hayashizono N., Ago K., Hayashi T. et al. Amplification of Microsatellites of Japanese Raccoon Dogs (*Nyctereutes viverrinus*) with Primers for the Dog ZUBECA4 Locus // *Med. J. Kagoshima Univ.* 2010. Vol. 61. No. 3. PP. 41–46.
5. Kasperek K., Horecka B., Jakubczak A. et al. Analysis of genetic variability in farmed and wild populations of raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) using microsatellite sequences // *Annals of Animal Science*. 2015. Vol. 15. No. 4. PP. 889–901. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0048>
6. Lan T., Li H., Yang S. et al. The chromosome-scale genome of the raccoon dog: Insights into its evolutionary characteristics. // *3, 10. I Science* 25, 105117 October 21, 2023, 10, <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105117>*
7. Murphy J., Stanyon R. and O'Brien S.J. Evolution of mammalian genome organization inferred from comparative gene mapping // *Genome Biology*. 2001. № 2. PP. 1–8.
8. Nie W., Wang J., Perelman P. et al. Comparative chromosome painting defines the karyotypic relationships among the domestic dog, Chinese raccoon dog and Japanese raccoon dog // *Chromosome Research*. 2003. № 11. PP. 735–740.
9. Nowacka-Woszek J. and Switonski M. Comparative cytogenetic mapping of three genes involved in sex determination in four species of the family Canidae // *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2010. № 19. PP. 5–12.
10. Onderka A., Bugno M., Szeleszczuk O., Slota E. Cytogenetic investigation of raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) // *Annals of animal science*. 2008. Vol. 8. № 3. PP. 271–280.
11. Slaska B., Zieba G., Rozempolska-Rucinska I. et al. Evaluation of Genetic Biodiversity in Farm-bred and Wild Raccoon Dogs in Poland // *Folia biologica (Kraków)*. 2010. Vol. 58. № 3-4. PP. 195–199. https://doi.org/10.3409/fb58_3-4.195-199
12. Sosnowski J., Migalska L., Lukaszewicz A. et al. MLH1 foci as an evidence of recombination events between B chromosomes in Chinese raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides procyonoides*) and red fox (*Vulpes vulpes*) // *Genetics*. 18th international colloquium of animal cytogenetics and gene mapping. June 08–10. 2008. Bucharest.
13. Świtoński M., Rogalska-Niznik N., Szczerba I., Bear M. (Chromosome polymorphism and karyotype evolution of four canids: the dog, red fox, arctic fox and raccoon dog (review) // *Caryologia*, 2003. № 56. PP. 375–385.
14. Szczerba I., Rogalska-Niznik H., Shelling C. et al. Development cytogenetic map genomes of the Chinese raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides procyonoides*) and *Alopex lagopus* using microsatellites // *Cytogenet Genome Res*. 2003. № 102(1-4). PP. 267–71. <https://doi.org/10.1159/000075761>
15. Trifonov V.A., Perelman P.L., Kawada S.I. et al. Complex structure of B-chromosomes in two mammalian species: *Apodemus peninsulae* (Rodentia) and *Nyctereutes procyonoides* (Carnivora) // *Chromosome Research* 10. 2002. № 109. PP. 109–116.
16. Wayne R. and Vila C. Phylogeny and Origin of the domestic dog // In: *The genetics of the dog*, 1st ed (edited by Ruvinsky A. and Sampson J). CABI Publishing. 2001. PP. 1–13.
17. Yang F., Milne B.S., Schelling C. et al. Chromosome identification and assignment of dog DNA clones in the dog using a red fox and dog comparative map // *Chromosome Research*. 2000. № 8. PP. 93–100.

*Поступила в редакцию 14.10.2024
Принята к публикации 28.10.2024*

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ!

При подготовке статей для журнала «Вестник российской сельскохозяйственной науки» мы рекомендуем руководствоваться следующими правилами:

- Направлять в редакцию материалы по эл. почте – vrsn@vestnik-rsn.ru с решением Ученого совета института (учреждения) о возможности опубликования представленной НИР, рецензией ведущих ученых и результатом проверки материала в системе «Антиплагиат».
- Статья не должна превышать 25 стр. компьютерного набора через два интервала (Word 2000) с рисунками и таблицами. Необходимо указать полностью фамилии, имена и отчества авторов, их ученые степени, адрес института с индексом.
- Рисунки (графический материал) следует присылать по возможности в черно-белом цвете.
- Формулы, символы в текст необходимо вписывать четко, в электронном виде (редактор формул версия 3.01), избегайте громоздких обозначений.
- Желательно определить индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).
- Необходим перевод на английский язык ученых степеней авторов, названия института, организации, адреса.
- Список источников (не более 20 наименований) помещайте в конце статьи по алфавиту, сначала – отечественных, затем – зарубежных авторов, с соответствующими ссылками в тексте (образец списка источников в приложении). Необходимы ссылки на журналы, входящие в базу данных Scopus и Web of Science. В библиографическом списке 70% должны занимать актуальные источники, с описанием исследований, проводившихся не более четырех лет назад. Не включаются законодательные акты, стандарты, а также ссылки на ненаучные электронные источники.
- Цитируемость на свои работы – не более 15%, приветствуется наличие иностранных источников.
- К статье напишите реферат объемом 200–250 слов на русском и на английском языках.
- Обязательно наличие ключевых слов на русском и английском языках. В случае описания региональных специфик, регион должен тоже быть ключевым словом.
- Публикация платная, цена договорная. Оплата возможна по договору с юридическим или физическим лицом.
- Просьба указывать в контактах почтовый и электронный адреса, телефоны.

Оформление списка источников

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

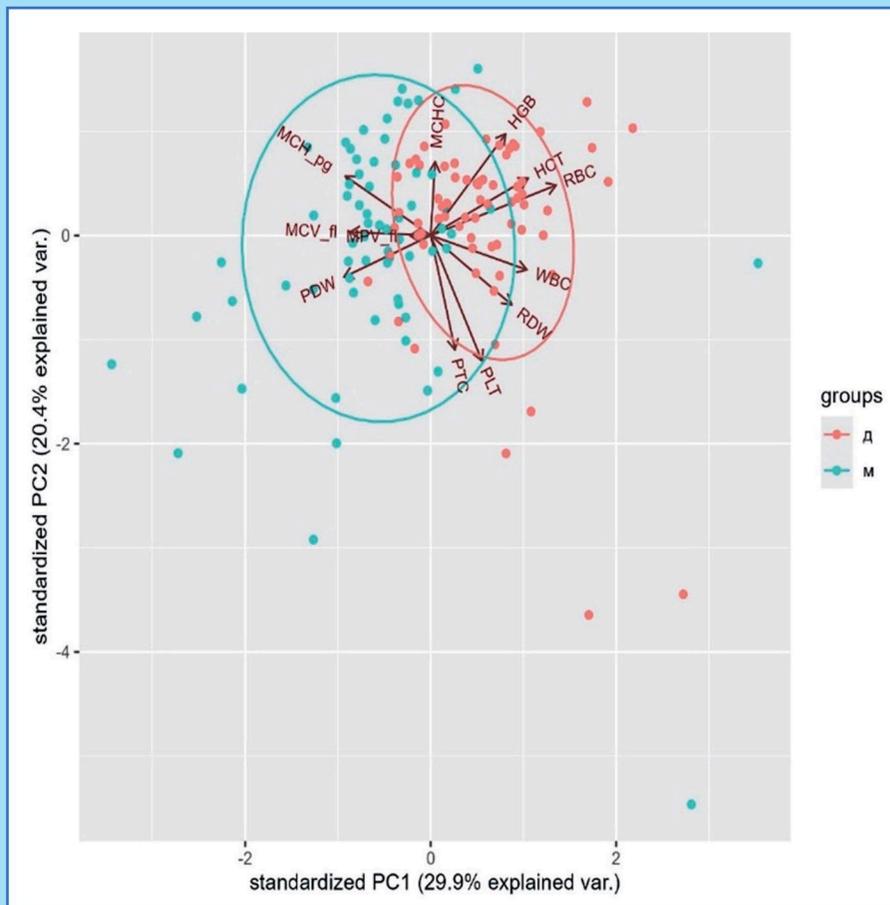
1. Алиев А.М., Кравченко Л.В., Наумова Л.Г., Ганич В.А. Донские аборигенные сорта винограда. 2-е изд., перераб. и доп. Новочеркасск, 2013. 132 с. ISBN: 978-5-85633-033-4.
2. Дзюбенко Н.И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России // Вестник Российской академии наук. 2015. № 85 (1). С. 3–8. <https://doi.org/10.7868/S0869587315010041>
3. Романишин П.Е., Попандопуло В.Г., Якименко Е.Н. и др. Технологическая направленность донских аборигенных сортов винограда в условиях Кубани. Мат. Межд. конф. Повышение конкурентоспособности продукции виноградарства и виноделия на основе создания новых сортов и технологий. Новочеркасск, 2012. С. 187–190.
4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No. 1. P. 1–8. <https://doi.org/10.5073/vitis.2018.57.1-8>

REFERENCES

1. Aliev A.M., Kravchenko L.V., Naumova L.G., Ganich V.A. Donskie aborigennyye sorta vinograda. 2-e izd., pererab. i dop. Novocherkassk, 2013. 132 s. ISBN: 978-5-85633-033-4.
2. Dzyubenko N.I. Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij – osnova prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2015. № 85 (1). S. 3–8. <https://doi.org/10.7868/S0869587315010041>
3. Romanishin P.E., Popandopulo V.G., Yakimenko E.N. i dr. Tekhnologicheskaya napravlennost' donskih aborigennykh sortov vinograda v usloviyah Kubani. Mat. Mezhdun. konf. Povyshenie konkurentosposobnosti produkcii vinogradarstva i vinodeliya na osnove sozdaniya novyh sortov i tekhnologij. Novocherkassk. 2012. S. 187–190.
4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No. 1. P. 1–8. <https://doi.org/10.5073/vitis.2018.57.1-8>



Рис. 3. Прорастание пыльцевых зерен малины ремонтантной.



Распределение гематологических показателей *герфордского* скота в пространстве главных компонент.