

ISSN 2500-2082

Номер 5

Сентябрь–Октябрь 2024

Научно-теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



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

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



НАУКА
— 1727 —

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

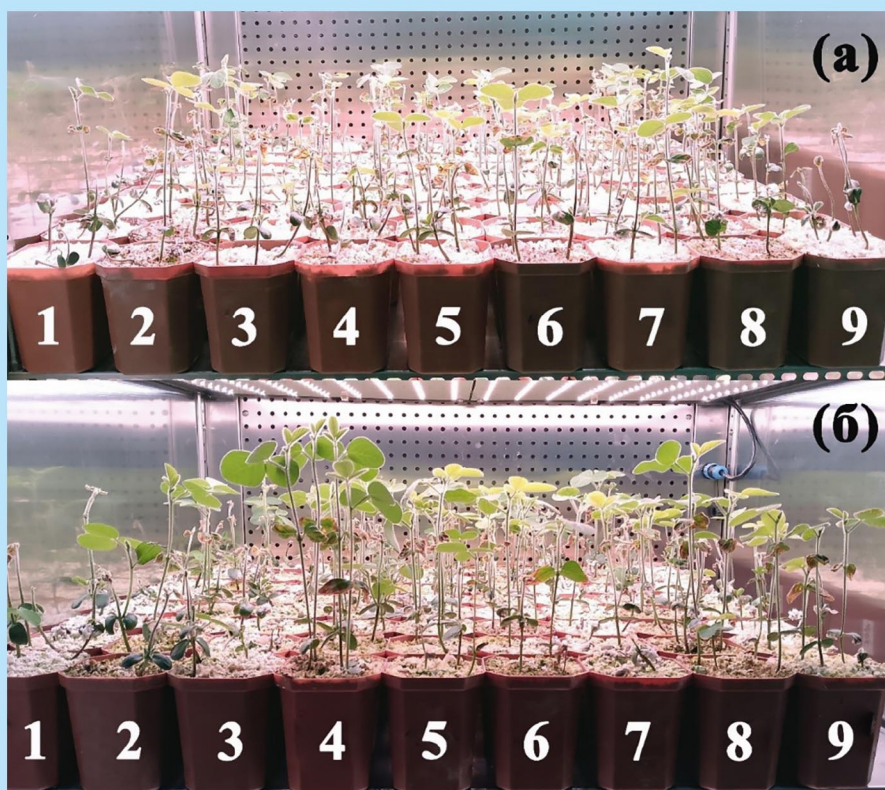


Рис. 1. Вид проведения опыта в фитотроне. Номера вариантов соответствуют обозначениям в таблице: а – без внесения добавки NPK, б – добавка NPK.



Рис. 1. Результаты высокотемпературного воздействия 10%-х водных растворов активных реагентов на структуру поверхности соломы льна-долгунца: а – без воздействия; б – гидроксид натрия; в – перексид водорода; г – бисульфит натрия.

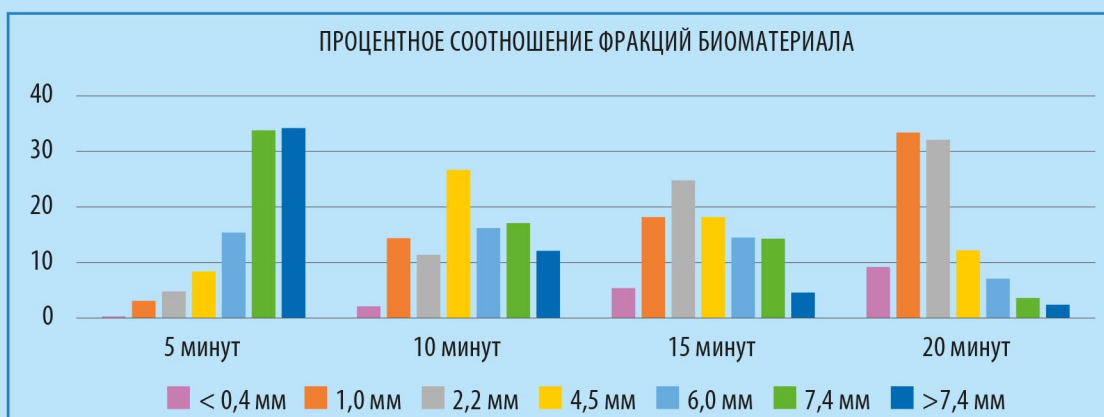


Рис. 2. Гранулометрический состав фракций, полученный при размоле соломы льна.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 5 Сентябрь – Октябрь 2024
September – October

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик РАН Н.К. Долгушкин

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академики РАН

Авидзба А.М. (Национальный НИИ винограда и вина «Магарач»), **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 РАН), **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 (K1) журналов.

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

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 32 А,
Отделение сельскохозяйственных наук РАН, оф. 1023
Тел.: 8 (495) 938-17-51, 8 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
Website: www.vestnik-rsn.ru

Published January 1992. Published 6 times a year.
ISSN 2500-2082

EDITOR
Academician of the RAS N.K. Dolgushkin

EDITORIAL BOARD:
Academician of the RAS

Avidzba A.M. (National Institute of Vine and Wine “Magarach”), **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 RAS), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), **Kashevarov N.I.** (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnology of RAS), **Kulik K.N.** (Federal Scientific center of Agroecology RAS), **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 is in a separate database of RSCI posted on the Web of Science platform. Registered in the Russian science citation index (RSCI) and the International information system Agris.

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

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

Содержание / Contents

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 4** Артюхова О.А. / Artyukhova O.A.
УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ИХ АДАПТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ / YIELD OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES OF DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGIN AND THEIR ADAPTABILITY IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NONBLACK EARTH REGION
- 7** Сулова О.В., Лой Н.Н. / Suslova O.V., Loy N.N.
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ФИТОПАТОГЕННУЮ МИКРОФЛОРУ / INFLUENCE OF ELECTRON RADIATION OF SPRING BARLEY SEEDS ON PHYTOPATHOGENIC MICROFLORA
- 11** Синеговский М.О. / Sinegovsky M.O.
ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОИ В РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ / SOYBEAN CULTIVATION IN RUSSIA UNDER MODERN CONDITIONS
- 16** Лоскутов С.И., Пухальский Я.В., Осипов А.И. и др. / Loskutov S.I., Pukhalsky Ya.V., Osipov A.I. et al.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЗООГУМУСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРУЕМОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ / USE OF ZOOHUMUS EXTRACTS IN SOYBEAN CULTIVATION UNDER REGULATED AGROECOSYSTEM CONDITIONS
- 22** Сергеев С.Н., Тараскин К.А., Барнашова Е.К. и др. / Sergeev S.N., Taraskin K.A., Barnashova E.K. et al.
ВЫБОР ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ БИОМАССЫ ЛЬНА (*LINUM USITATISSIMUM LINACEAE*), ВЫРАЩЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ ПОВОЛЖЬЯ / CHOICE OF AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHOD OF PRODUCING CELLULOSE FROM FLAX BIOMASS (*LINUM USITATISSIMUM LINACEAE*) GROWN IN DIFFERENT REGIONS OF THE VOLGA REGION
- 26** Ким И.В., Клыков А.Г., Волков Д.И. / Kim I.V., Klykov A.G., Volkov D.I.
ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА СОРТОБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА / PRODUCTIVITY AND ADAPTIVE PROPERTIES OF DIFFERENT ORIGIN POTATO VARIETIES IN THE RUSSIA'S FAR EAST SOUTH
- 33** Евстратова Л.П., Кузнецова Л.А., Николаева Е.В. / Evstratova L.P., Kuznetsova L.A., Nikolaeva E.V.
ВЛИЯНИЕ УЛУЧШАЮЩИХ ОТБОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В ПИТОМНИКАХ ОРИГИНАЛЬНОГО СЕМЕНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ / INFLUENCE OF IMPROVING SELECTIONS ON POTATO PRODUCTIVITY IN ORIGINAL SEED NURSERIES IN KARELIA CONDITIONS
- 37** Гальперина А.Р., Сопрунова О.Б., Пархоменко А.Н. / Galperina A.R., Soprunova O.B., Parkhomenko A.N.
ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ РИЗОСФЕРНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К СЕМЕНАМ ТОМАТА / PRIMARY SCREENING OF GROWTH-STIMULATING PROPERTIES OF RHIZOSPHERE MICROORGANISMS IN RELATION TO TOMATO SEEDS
- 42** Салтыкова Т.И., Вахрушева Н.С., Софронов А.П. / Saltykova T.I., Vakhrusheva N.S., Sofronov A.P.
ДИНАМИКА ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЧКОВЫМ КЛЕШОМ (*CECIDOPHYES RIBES WEST.*) КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ / DYNAMICS OF DAMAGE BY THE BUDDLE MITE (*CECIDOPHYES RIBES WEST.*) TO COLLECTION VARIETIES OF BLACK CURRANT
- 45** Свирина В.А., Черногаев В.Г. / Svirina V.A., Chernogaev V.G.
ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ДИНАМИКУ ЭМИССИИ CO₂, УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА / INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND LIMING ON THE DYNAMICS OF CO₂ EMISSIONS, CROP YIELD AND QUALITY OF CROP PRODUCTS OF CROP ROTATION LINK
- 50** Бабаева М.А., Осипова С.В. / Babaeva M.A., Osipova S.V.
ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КОЧУБЕЙСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ / CHANGES IN THE SOIL AND VEGETATION COVER OF THE KOSHUBEY BIOSPHERE STATION UNDER GLOBAL WARMING IN RECENT YEARS

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ / FARMING

- 54** Михайленко И.М., Тимошин В.Н. / Mikhaylenko I.M., Timoshin V.N.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЕЙ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ / AUTOMATED CONTROL COMPLEX OF AGROTECHNOLOGY IN PRECISION FARMING
- 62** Чуян Н.А., Дюкарева А.А., Брескина Г.М. / Chuyan N.A., Dyukareva A.A., Breskina G.M.
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ / MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF TYPICAL CHERNOZEM IN CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS USING AGROBIOTECHNOLOGY

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ / ECONOMICS AND MANAGEMENT

- 70** Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. / Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A.
РЕГУЛЯТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПЛОДОВОДСТВЕ / REGULATORS FOR ENSURING THE SUSTAINABILITY OF REPRODUCTIVE PROCESSES IN INDUSTRIAL FRUIT GROWING

ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

- 75** Сложенкина М.И., Калинина Н.В., Абрамов С.В. и др. / Slozhenkina M.I., Kalinina N.V., Abramov S.V. et al.
ВЛИЯНИЕ НОВОЙ САПОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА
ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ / INFLUENCE OF A NEW SAPONITE-CONTAINING FEED ADDITIVE ON THE PRODUCTIVE
QUALITIES OF BROILER CHICKENS
- 79** Барсукова М.А. / Barsukova M.A.
ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ ПЛЕМЕННОГО СКОТА ПОРОДЫ *ГЕРЕФОРД* В НОВОСИБИРСКОЙ
ОБЛАСТИ / DYNAMICS OF THE NUMBER AND PRODUCTIVITY OF *HEREFORD* BREEDING CATTLE IN THE NOVOSIBIRSK
REGION
- 84** Забиякин В.А., Замятин С.А. / Zabyakin V.A., Zamyatin S.A.
СЕЛЕКЦИЯ ФЕРМЕРСКИХ ЦЕСАРОК НА СОЧЕТАЕМОСТЬ / SELECTION OF FARM GUINEA FOWLS FOR COMPATIBILITY
- 89** Борисова А.В., Рамазанов М.В., Телешова Е.Б. / Borisova A.V., Ramazanov M.V., Teleshova E.B.
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ МНОЖЕСТВЕННЫХ КОНГЕНИТАЛЬНЫХ
АНОМАЛИЙ ГЛАЗ У ЛОШАДЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ СЕРЕБРИСТОГО ГЕНА НА ПРИМЕРЕ *СОВЕТСКОЙ ТЯЖЕЛОВОЗНОЙ*
ПОРОДЫ / MOLECULAR AND MORPHOFUNCTIONAL BASES OF DEVELOPMENT OF THE HORSE MULTIPLE CONGENITAL
EYE ANOMALIES WITH THE SILVER GENE PRESENCE ON THE EXAMPLE OF THE *SOVIET DRAFT* BREED
- 94** Авдеенко В.С., Мороз А.И., Сафронов Д.И. и др. / Avdeenko V.S., Moroz A.I., Safronov D.I. et al.
ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИММУНОЛОКАЛИЗАЦИЯ МАТРИКСНЫХ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗ
В ПЛАЦЕНТЕ КОРОВ ПРИ ЗАДЕРЖАНИИ ПОСЛЕДА / PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES AND IMMUNOLOCALIZATION
OF MATRIX METALLOPROTEINASES IN COWS PLACENTA DURING RETENTION PLACENTA
- 101** Прожерин В.П., Селькова И.В. / Prozherin V.P., Selkova I.V.
ПОДХОДЫ В ОЦЕНКЕ И СОХРАНЕНИИ ГЕНОФОНДА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ *ХОЛМОГОРСКОЙ* ПОРОДЫ КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ / ASSESSMENT AND PRESERVATION OF THE GENE POOL OF THE
DOMESTIC *KHOLMOGORSK* CATTLE BREED IN THE ARKHANGELSK REGION

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

- 105** Иовлев Г.А., Попова Т.Б., Голдина И.И., Несгоровов А.Г. / Iovlev G.A., Popova T.B., Goldina I.I., Nesgovorov A.G.
СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОГО
ДАВЛЕНИЯ / THE STATE OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL MACHINERY MARKET UNDER SANCTION PRESSURE
CONDITIONS

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-63276 от 06 октября 2015 г.,
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

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

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

Учредитель: Российская академия наук



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

Исполнитель по контракту № 4У-ЕП-039-24

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.

УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ИХ АДАПТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Оксана Алексеевна Артюхова, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», с. Подвьежье, Рязанская обл., Россия

E-mail: podvyaze@bk.ru

Аннотация. При создании новых сортов необходимо уделять внимание не только высоким показателям урожайности и качеству исходных родительских форм, но и руководствоваться знаниями об их реакции на изменяющиеся условия среды выращивания. В статье представлены результаты комплексной оценки 15 сортов разного эколого-географического происхождения. При анализе показателей адаптивности использовали методики S.A. Eberhart и W.A. Russell, A.A. Rossielle и J. Hamblin, Л.А. Животкова, Э.Д. Неттевича. Исследования проводили в северо-западной части Рязанской области на полях ИСА — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2019–2023 годах, из них два года были неблагоприятными (индекс условий среды (I_j) — $-2,54$ — $-1,87$, три — благоприятными ($0,84$ – $2,24$). Установлено, что в среднем за пять лет наибольшим потенциалом урожайности обладали сорта озимой пшеницы Даная — $5,79$ т/га, Исктар — $6,36$, Небократ — $5,81$, Славна — $6,09$ т/га, что выше среднесортowego показателя по опыту на $11,1$, $22,1$, $11,5$ и $16,9\%$ соответственно. В группу наиболее пластичных вошли: Даная и Лавина (Россия), Небократ и Славна (Украина), Исктар (Германия). Высокая отзывчивость на улучшение условий среды отмечена у Московской 39 (Россия) — $1,22$, Фантазии (Белоруссия) — $1,23$, Сатурнуса и Тамбора (Германия) — $1,17$ и $1,41$ соответственно. По комплексу адаптивных свойств выделились сорта Исктар и Небократ как генетически гибкие ($(Y_{min} + Y_{max})/2 = 5,56$ – $6,26$), с высоким показателем уровня стабильности (ПУСС = $103,28$ – $113,12\%$), хорошей адаптивностью к условиям среды ($KA = 1,15$ и $1,26\%$ соответственно) и устойчивостью к стрессам ($(Y_{min} - Y_{max}) = -4,23$ — $-4,68$). Результаты исследований можно использовать в практической селекции.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, урожайность, адаптивность, стрессоустойчивость

YIELD OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES OF DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGIN AND THEIR ADAPTABILITY IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NONBLACK EARTH REGION

O.A. Artyukhova, Junior Researcher

The Institute of Seed Production and Agrotechnologies — branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Podvyazye village, Ryazan region, Russia

E-mail: podvyaze@bk.ru

Abstract. When creating new varieties, it is necessary to pay attention not only to high yields and the quality of the original parent forms, but also to be guided by knowledge about their reaction to changing growing environment conditions. The article presents the results of a comprehensive assessment of 15 varieties of different ecological and geographical origin. The methods of S.A. Eberhart and W.A. Russell, A.A. Rossielle and J. Hamblin, L.A. Zhivotkov, E.D. Nettevich were used in the analysis of adaptability indicators. The research was carried out in the northwestern part of the Ryazan region in the fields of ISA — a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution FNAC VIM in 2019–2023, of which two years were unfavorable — the index of environmental conditions (I_j) — $-2,54$ — $-1,87$, three years favorable I_j was $0,84$ – $2,24$. It was found that, on average, over 5 years of research, the highest yield potential was possessed by the varieties of winter wheat Danaya — $5,79$ t/ha, Ishtar — $6,36$ t/ha, Nebokrat and Slavna — $5,81$ t/ha and $6,09$ t/ha, which is higher than the average annual indicator by experience by $11,1\%$, $22,1\%$, $11,5\%$ and $16,9\%$, respectively. The group of the most plastic varieties includes: Danaya and Lavina (Russia), Nebokrat and Slavna (Ukraine), Ishtar (Germany). High responsiveness to improving environmental conditions was noted in winter wheat varieties Moskovskaya 39 (Russia) — $1,22$, Fantasia (Belarus) — $1,23$, Saturnus and Tambor (Germany) — $1,17$ and $1,41$, respectively. According to the complex of adaptive properties, the Ishtar (Germany) and Nebokrat (Ukraine) varieties were distinguished as genetically flexible ($(Y_{min} + Y_{max})/2$ from $5,56$ to $6,26$), with a high level of stability (PUSS from $103,28\%$ to $113,12\%$), good adaptability to environmental conditions ($KA = 1,15\%$ and $1,26\%$, respectively) and resistance to stress ($(Y_{min} - Y_{max})$ from $-4,23$ to $-4,68$). The research results can be used in practical breeding.

Keywords: winter soft wheat, variety, yield, adaptability, stress resistance

Во все времена производство продукции сельского хозяйства и продуктов питания было важнейшей задачей любого государства, как залог стабильного развития страны, ее политической и экономической систем. Поэтому многие страны мира, в том числе и Россия, стараются максимально наращивать производство сельскохозяйственной продукции и продуктов питания. [1, 2, 12] Сельскохозяйственная продукция, в том числе продовольственное зерно (семена) — очень важная экспортная статья доходов бюджета страны.

Ученые создают новые сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, адаптированные к условиям выращивания и пригодные для возделывания с использованием современных технологий. Применение передовых агротехнологий в производстве, возрастающая доля неблагоприятных метеорологических факторов при вегетации меняют требования к новым сортам, усложняют селекционные задачи и расширяют требования к исходному материалу в гибридизации. [3, 7–9, 11] Особенно актуальны исследования,

направленные на совершенствование методов поиска источников селекционных признаков и биологических свойств. [13]

Цель работы – оценить адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы разного эколого-географического происхождения по урожайности в условиях Центрального Нечерноземья для дальнейшего использования их в качестве исходного материала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – наиболее продуктивные сорта озимой мягкой пшеницы из России, Германии, Украины, Белоруссии, Венгрии, которые были выделены в коллекционном питомнике в 2019–2023 годах. Полевые испытания проведены в ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ Рязанского района на хорошо окультуренной темно-серой лесной почве. Агрохимические показатели: $pH_{\text{сол.}}$ – 4,88, содержание гумуса – 5,6% (по Тюрину), подвижного фосфора – 378 мг/кг почвы, обменного калия – 275 мг/кг почвы (по Кирсанову), азота нитратного – 41,4 мг/кг (ГОСТ 26951-86), азота аммонийного – 4,43 мг/кг (ГОСТ 26489-85). Стандартный сорт – *Даная* (Россия).

Предшественник – черный пар. Опыт закладывали без повторений на делянках 3 м². Норма высева – 5,0 млн всх. зерен/га. Агротехнические мероприятия проводили в соответствии с общепринятыми для региона рекомендациями.

Исследования выполнены в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [4] Рассчитывали коэффициент адаптивности по методу Л.А. Животкова и других. [6] Индексы условий среды и экологическую пластичность сортов определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell, стрессоустойчивость – по уравнениям A.A. Rossielle, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко. [5, 15]

Периоды с недостаточной влажностью: 2020–2021 (ГТК = 0,9), 2021–2022 (ГТК = 0,8), 2022–2023 (ГТК = 0,9); достаточной – 2019–2020 (ГТК = 1,1); засушливый – 2018–2019 (ГТК = 0,6). Индекс условий среды по годам варьировал от –2,54 до 2,24. Согласно величине данного показателя, наиболее благоприятными были 2020, 2022 и 2023 годы (I_j –0,84, 1,31, 2,24 соответственно). Неблагоприятные годы по температурному режиму и обеспеченностью влагой – 2019 и 2021, когда показатели индекса условий среды составили –2,54 и –1,87 соответственно. Таким образом, погодные условия во время исследований существенно различались по температурному режиму и количеству выпавших атмосферных осадков, что позволило дать объективную оценку изучаемым сортам по адаптивности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средняя урожайность по опыту – 5,21 т/га (благоприятные годы – 3,57...9,33 т/га, неблагоприятные – 1,05...4,46 т/га), максимальная в благоприятные вегетационные периоды – выше 8 т/га у сортов *Даная* (Россия), *Сатурнус*, *Тамбор*, *Исцтар* (Германия), *Фантазия* (Беларусь), *Славна* (Украина) (табл. 1).

Средняя урожайность отечественных сортов варьировала от 4,19 до 5,79 т/га, иностранных – 4,07...6,36 т/га, наибольшая у *Исцтар*, *Небократ*, *Славна* – 6,36, 5,81, 6,09 т/га соответственно. Ежегодно их урожайность была выше среднесортовой.

Лучшая устойчивость к стрессовым условиям согласно уравнению A.A. Rossielle, J. Hamblin ($Y_{\min} - Y_{\max}$) была у *Мирлебен* (–3,84), *Небократ* (–4,23), *MV Надор* (–4,23), *Донщина* (–4,50), самая низкая у *Сатурнуса*, *Фантазии* и *Тамбора* – –6,51, –6,77 и –7,28 соответственно (табл. 2).

Наивысшие значения генетической гибкости сорта ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$), указывающие на большую степень со-

Таблица 1.
Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения по годам

Сорт	Происхождение	Урожайность, т/га					Средняя
		2019	2020	2021	2022	2023	
<i>Даная</i> , ст.	Россия	3,56	5,85	4,24	7,01	8,29	5,79
<i>Донщина</i>	Россия	2,39	4,00	2,20	6,70	5,67	4,19
<i>Лавина</i>	Россия	3,37	4,70	2,60	6,67	7,80	5,03
<i>Поэма</i>	Россия	2,18	7,60	3,10	7,23	6,80	5,38
<i>Московская 39</i>	Россия	1,68	5,00	2,00	6,27	7,50	4,49
<i>Исцтар</i>	Германия	3,92	8,50	4,10	8,60	6,67	6,36
<i>Сатурнус</i>	Германия	1,82	5,00	3,30	6,33	8,33	4,96
<i>Тамбор</i>	Германия	1,05	5,70	2,50	4,86	8,33	4,49
<i>Завет</i>	Беларусь	2,31	6,80	4,30	7,10	7,60	5,62
<i>Спектр</i>	Беларусь	2,29	5,50	3,56	7,47	5,80	4,92
<i>Фантазия</i>	Беларусь	1,40	6,50	4,40	7,23	8,17	5,54
<i>Мирлебен</i>	Украина	2,16	4,30	2,37	5,53	6,00	4,07
<i>Небократ</i>	Украина	3,44	6,80	4,10	7,03	7,67	5,81
<i>Славна</i>	Украина	4,46	7,00	3,43	6,23	9,33	6,09
<i>MV Надор</i>	Венгрия	3,99	7,50	3,9	3,57	7,80	5,35
Среднесортовая урожайность, т/га	–	2,67	6,05	3,34	6,52	7,45	–
Средняя урожайность в опыте, т/га	–	–	–	–	–	–	5,21

Таблица 2.
Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость сортов озимой пшеницы, 2019–2023 годы

Сорт	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	C_v , %	b_i	КА, %	ПУСС, %
<i>Даная</i> , ст.	–4,73	5,93	33,58	0,90	1,15	100,0
<i>Донщина</i>	–4,50	4,55	47,30	0,84	0,80	37,19
<i>Лавина</i>	–5,20	5,20	43,50	0,96	0,98	58,28
<i>Поэма</i>	–5,42	4,89	47,19	1,13	1,00	61,46
<i>Московская 39</i>	–5,82	4,59	57,42	1,22	0,80	35,18
<i>Исцтар</i>	–4,68	6,26	35,83	0,90	1,26	113,12
<i>Сатурнус</i>	–6,51	5,08	51,29	1,17	0,92	48,06
<i>Тамбор</i>	–7,28	4,69	63,16	1,41	0,79	31,98
<i>Завет</i>	–5,29	4,96	39,97	1,04	1,08	79,18
<i>Спектр</i>	–5,18	4,88	41,10	0,86	0,95	59,01
<i>Фантазия</i>	–6,77	4,79	48,71	1,23	1,02	63,14
<i>Мирлебен</i>	–3,84	4,08	43,32	0,83	0,78	38,32
<i>Небократ</i>	–4,23	5,56	32,75	0,90	1,15	103,28
<i>Славна</i>	–4,87	6,90	37,69	0,99	1,21	98,60
<i>MV Надор</i>	–4,23	5,69	39,35	0,63	1,10	72,88

Примечание. $Y_{\min} - Y_{\max}$ – стрессоустойчивость; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – генетическая гибкость; C_v – коэффициент вариации; b_i – коэффициент пластичности; КА – коэффициент адаптивности; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта.

ответствия между генотипом сорта и факторами окружающей среды, имели *Славна* (6,90), *Исцтар* (6,26), *Даная* (5,93), *MV Надор* (5,69), *Небократ* (5,56). Их использование в селекционном процессе позволит повысить устойчивость генотипов к контрастным условиям возделывания.

Коэффициент вариации у всех сортов отмечен как высокий — 32,75...63,16%, наименьшее его значение у *Небократа* и *Данаи* — 32,75 и 33,58% соответственно.

Экологическая пластичность (коэффициент линейной регрессии b_1) в исследованиях — 0,63...1,41. Высокая отзывчивость на улучшение условий среды отмечена у *Московской 39* (Россия) — 1,22, *Фантазии* (Белоруссия) — 1,23, *Сатурнуса* и *Тамбора* (Германия) — 1,17 и 1,41 соответственно. Следовательно, урожайность их сильно зависит от антропогенных условий и максимальные значения могут быть получены при благоприятных факторах абиотического и биотического характера. Меньшая отзывчивость на улучшение условий и наиболее высокая урожайность при неблагоприятных условиях возможна у *Донцины* — 0,84, *Спектра* — 0,86, *Мирлебена* — 0,83.

Сорта с коэффициентом регрессии на уровне единицы ($b_1 = 0,90...1,04$) отнесены к пластичным, то есть величина их урожая имеет незначительные колебания в соответствии с влиянием природной среды. К данной группе относятся *Даная*, *Лавина*, *Небократ*, *Славна*, *Исцтар*.

Коэффициент адаптивности (КА) показал, что продуктивные возможности у половины анализируемых сортов (53,0%) при воздействии на них неблагоприятных факторов окружающей среды достаточно высокие ($КА \geq 1,0$), особенно у *Исцтара* — 1,26 и *Славны* — 1,21%.

По показателю ПУСС, предложенному Э.Д. Неттевичем, учитывающему стабильность урожайности, способность отзываться на улучшение условий среды, а при ухудшении поддерживать продуктивность на высоком уровне, выделились сорта: *Исцтар* и *Небократ* — 113,12 и 103,28% соответственно. [10, 14]

Выводы. Согласно проведенному анализу полученных данных за 2019–2023 годы отмечены сорта озимой мягкой пшеницы, отличающиеся высокими показателями экологической пластичности и стабильности в условиях Рязанской области. Наиболее пластичные: *Даная*, *Лавина*, *Небократ*, *Славна*, *Исцтар*. Сорта *Даная* (5,79 т/га), *Исцтар* (6,36), *Славна* (6,09) и *Небократ* (5,81 т/га) — высокоурожайные. По результатам комплексной оценки сорта *Небократ* и *Исцтар* генетически гибкие ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 5,56...6,26$), с высоким показателем уровня стабильности (ПУСС = 103,28...113,12%), хорошей адаптивностью к условиям среды ($КА = 1,15...1,26\%$) и устойчивостью к стрессам ($(Y_{\min} - Y_{\max}) = -4,23...-4,68$).

Полученную информацию рекомендуем использовать в практической селекции при создании новых сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Баянова О.В. Эконометрическое исследование показателей производства зерновой продукции в Российской Федерации // *Modern Economy Success*. 2020. № 1. С. 122–125.
- Бучников О.Н., Джуха В.М., Гайдук В.И. и др. Эффективность функционирования сельскохозяйственного бизнеса в условиях санкций: региональный аспект // *Гуманитарный вестник Донского государственного аграрного университета*. 2022. № 2. С. 150–159.
- Гладышева О.В., Банникова М.И. Урожайность и оценки адаптивности раннеспелых и позднеспелых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // *Аграрная наука*. 2021. № 1. С. 129–132.
- Головачев В.И. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. М.: Колос, 1989. 267 с.
- Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // *Вестник РАСХН*. 2005. № 6. С. 49–53.
- Животков Л.А., Морозова З.А., Секутаева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и «Урожайность» // *Селекция и семеноводство*. 1994. № 2. С. 3–6.
- Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений // *Сельскохозяйственная библиотека*. 2000. № 3. С. 3–29.
- Левакова О.В., Банникова М.И. Анализ генетических источников ценных признаков сортов озимой мягкой пшеницы в целях создания исходного материала // *Аграрная наука*. 2019. № 7–8. С. 38–40.
- Левакова О.В. Изучение исходного материала ярового ячменя в целях использования его в селекционном процессе для Центрального региона РФ // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 2 (26). С. 61–65.
- Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1985. № 1. С. 66–73.
- Неттевич Э.Д. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур // *Избранные труды*. М.; Немчиновка: изд-во НИИСХ ЦРНЗ, 2008. 348 с.
- Рахаев Х.М., Баккуев Э.С., Энеева М.Н. и др. Ареал и поведение центра зернового подкомплекса России в 2000–2020 годах // *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2023. № 4. С. 4–9.
- Русанов И.А. Современные сорта озимой пшеницы как исходный материал для селекции в условиях лесостепи ЦЧР: дис. канд. с-х. наук: 06.01.05. Воронеж, 2004. 248 с.
- Филиппов Е.Г., Брагин Р.Н., Донцов Д.П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании // *Таврический вестник аграрной науки*. 2022. № 4 (32). С. 221–230.
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Sci*. 1966. № 6.

REFERENCES

- Bayanova O.V. Ekonomicheskoe issledovanie pokazatelej proizvodstva zernovoj produkcii v Rossijskoj Federacii // *Modern Economy Success*. 2020. № 1. S. 122–125.
- Buchnikov O.N., Dzhuha V.M., Gajduk V.I. i dr. Effektivnost' funkcionirovaniya sel'skhozajstvennogo biznesa v usloviyah sankcij: regional'nyj aspekt // *Gumanitarnyj vestnik Don'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. № 2. S. 150–159.
- Gladysheva O.V., Bannikova M.I. Urozhajnost' i ocenki adaptivnosti rannespelyh i pozdnespelyh sortov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah Central'nogo Nечernozem'ya // *Agrarnaya nauka*. 2021. № 1. S. 129–132.

4. Golovachev V.I. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur / pod red. V.I. Golovacheva, E.V. Kirilovskoj. M.: Kolos, 1989. 267 s.
5. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur // Vestnik RASHN. 2005. № 6. S. 49–53.
6. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekutaeva L.I. Metodika vyavleniya potencial'noj produktivnosti i «Urozhajnost'» // Selekcija i semenovodstvo. 1994. № 2. S. 3–6.
7. Zhuchenko A.A. Ekologo-geneticheskie osnovy adaptivnoj sistemy selekcii rastenij // Sel'skohozyajstvennaya biblioteka. 2000. № 3. S. 3–29.
8. Levakova O.V., Bannikova M.I. Analiz geneticheskikh istochnikov cennykh priznakov sortov ozimoi myagkoj pshenicy v celyah sozdaniya iskhodnogo materiala // Agrarnaya nauka. 2019. № 7–8. S. 38–40.
9. Levakova O.V. Izuchenie iskhodnogo materiala yarovogo yachmenya v celyah ispol'zovaniya ego v selekcionnom processe dlya Central'nogo regiona RF // Zernobobovy i krupnyanye kul'tury. 2018. № 2 (26). S. 61–65.
10. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Povyshenie effektivnosti otbora yarovoi pshenicy na stabil'nost', urozhajnost' i kachestvo zerna // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1985. № 1. S. 66–73.
11. Nettevich E.D. Selekcija i semenovodstvo yarovykh zernovykh kul'tur // Izbrannye trudy. M.; Nemchinovka: izd.-vo NIISH CRNZ, 2008. 348 s.
12. Rahaev H.M., Bakkuev E.S., Eneeva M.N. i dr. Areal i povedenie centra zernovogo podkompleksa Rossii v 2000–2020 godah // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 4. S. 4–9.
13. Rusanov I.A. Sovremennye sorta ozimoi pshenicy kak iskhodnyj material dlya selekcii v usloviyah lesostepi CChR: dis. kand. s-h. nauk: 06.01.05. Voronezh, 2004. 248 s.
14. Filippov E.G., Bragin R.N., Doncov D.P. Analiz pokazatelej adaptivnosti sortov i linij yarovogo yachmenya v ekologicheskom sortoispytanii // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2022. № 4 (32). S. 221–230.
15. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. № 6.

Поступила в редакцию 17.05.2024

Принята к публикации 31.05.2024

УДК 537.533.9:633.16:632.4

DOI: 10.31857/S2500208224050026, EDN: zuaafd

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ФИТОПАТОГЕННУЮ МИКРОФЛОРУ

**Ольга Владимировна Суслова, младший научный сотрудник
Надежда Николаевна Лой, кандидат биологических наук**

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Обнинск, Калужская обл., Россия
E-mail: belovol-1983@mail.ru*

Аннотация. В условиях модельного вегетационного эксперимента изучали действие электронного облучения на фитопатогенную микрофлору корней и листьев растений. Исследования проводили на семенах ярового ячменя сорта Владимир (репродукция 1), пораженных гелиминтоспориозом (возбудитель *Bipolaris sorokiniana* Shoet.) – естественный инфекционный фон. Данный возбудитель вызывает корневую гниль, а также поражение листьев темно-бурой пятнистостью. Зерно облучали на широкоапертурном электронном ускорителе «Дуэт» с сетчатым плазменным катодом и выводом генерируемого пучка большого сечения в атмосферу, дозы – 1, 2, 3, 4 и 5 кГр. Суммарная введенная доза набиралась при изменении количества импульсов. Мощность – 100 Гр/импульс, энергия электронов – 130 (режим 1) и 160 кэВ (режим 2). Глубина поглощения дозы не превышала 300 мкм. В фазах кущения и колошения при облучении посевного материала 2 кГр (режим 1, 130 кэВ) пораженность и распространенность болезни снизилась более чем в 1,5 раза, по сравнению с необлученным контролем. В фазе полной спелости зерна зафиксированы наибольшая пораженность корней (45–50%) и распространенность (95–100%) *Bipolaris sorokiniana*, но статистически значимые различия между облученными вариантами и контролем отсутствовали. Изучение вегетирующих растений показало, что в фазе кущения по всем вариантам облучения в режиме 1 степень поражения первого-третьего листов увеличивалась на 23%, по сравнению с контролем, а в фазе колошения превышала контроль при облучении 2–5 (режим 1) и 1–5 кГр (режим 2) – в 2,1–2,8 раза по первому листу, 1,9–2,0 – второму, 1,2 раза – третьему.

Ключевые слова: электронное облучение, степень поражения, корневая гниль, распространенность заболевания

INFLUENCE OF ELECTRON RADIATION OF SPRING BARLEY SEEDS ON PHYTOPATHOGENIC MICROFLORA

**O.V. Suslova, Junior Researcher
N.N. Loy, PhD in Biological Sciences**

*Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre “Kurchatov Institute”, Obninsk, Kaluga region, Russia
E-mail: belovol-1983@mail.ru*

Abstract. Under the conditions of a model pot experiment, the effect of electron irradiation on the phytopathogenic microflora of plant roots and leaves was studied. The studies were carried out on spring barley seeds of the Vladimir variety (reproduction 1), affected by helminthosporiosis

(pathogen *Bipolaris sorokiniana* Shoem.), (natural infectious background). This pathogen causes root rot and leaf spot. The grain was irradiated using a wide-aperture electron accelerator "Duet" with a mesh plasma cathode and the output of the generated beam of a large cross-section into the atmosphere in doses of 1, 2, 3, 4 and 5 kGy. The total administered dose was increased by changing the number of pulses. The radiation dose rate was 100 Gy/pulse, the electron energy was 130 keV (mode 1) and 160 keV (mode 2). The depth of dose absorption did not exceed 300 μ m. Based on the conducted studies on the effect of electron irradiation on root rot (pathogen *Bipolaris sorokiniana*) of spring barley, it was noted that in the tillering and heading phases, when irradiating seed material with a dose of 2 kGy in mode 1 (130 keV), the disease incidence and prevalence decreased by more than 1.5 times compared to the non-irradiated control. In the phase of full grain maturity, the highest value of root infestation (45–50%) and prevalence (95–100%) of *Bipolaris sorokiniana* were recorded, but statistically significant differences between the irradiated variants and the control were absent. The records of the damage of vegetative plants showed that in the tillering phase, for all irradiation variants in mode 1, the degree of damage to leaves 1–3 increased by 23% compared to the control, and in the heading phase, the degree of damage to the upper leaves (1–3) exceeded the control when irradiated at doses of 2–5 kGy (mode 1) and 1–5 kGy (mode 2) – 2.1–2.8 times for 1 leaf, 1.9–2.0 times for 2 leaves and 1.2 times for 3 leaves.

Keywords: electron irradiation, degree of damage, root rot, prevalence of the disease

В соответствии со «Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, в ближайшие 10...15 лет приоритетами научно-технологического развития России будут направления, которые позволят создать технологии, считающиеся основой инновационного развития страны, и обеспечат переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования. [13]

Стратегия развития зернового комплекса России до 2035 года направлена на формирование высокоэффективной, конкурентоспособной и инвестиционно привлекательной системы производства, переработки, хранения и реализации основных зерновых и зернобобовых культур, а также продуктов их переработки. При этом гарантируется обеспечение внутренних потребностей страны и создание экспортного потенциала.

Реализация стратегии поможет повысить эффективность и технологичность предприятий отечественного зернового комплекса, усилить позиции страны на мировом рынке.

В публикациях ряда авторов говорится о новом методе предпосевной подготовки семян, основанном на использовании энергии электромагнитных излучений. Он получил распространение вместе с традиционными способами воздушно-теплого обогрева, характеризующегося высокой энергетической емкостью. Энергия электромагнитных излучений помогает решить важные агроэкологические и социально-экономические проблемы, направленные на дальнейшее увеличение производства продукции растениеводства, снижение энергетических затрат, предотвращение загрязнения окружающей среды. [2, 7, 8, 11]

Высокотехнологичная обработка низкоэнергетическими электронными пучками с энергиями до 300 кэВ воздействует на материалы, не оказывая существенного влияния на глубину более 1 мм. [3, 12]

При предпосевной подготовке семян важно применять методы дезинфекции, не повреждающие зародыш и обеспечивающие стимуляцию прорастания. Низкоэнергетическим электронным пучком можно снизить пораженность семян фитопатогенами без влияния на их всхожесть. [6, 19]

Предпосевная подготовка семян позволяет уменьшить на поверхности зерна количество микроорганизмов, относимых к «полевым плесеням», преимущественно фитопатогенных представителей родов *Alternaria*, *Fusarium* и других, а также «плесеней хра-

нения» родов *Aspergillus* и *Penicillium*. [17] Многие из указанных микроорганизмов способны вызывать микозы и микотоксикозы людей, сельскохозяйственных животных и птицы из-за синтеза вторичных метаболитов-микотоксинов. [16] Общеизвестны традиционные методы снижения микробной обсемененности зерновых культур, которые предусматривают физическую, термическую и химическую стерилизацию, реже фотоэнергетическое и биологическое воздействие. [1]

В изданиях зарубежных авторов упоминается, что указанные методы могут негативно сказаться на качестве и функциональных свойствах вырабатываемых из зерна пищевых и фуражных продуктов. [20] Может быть не достигнута полная инактивация микотоксинов в отличие от электрофизических методов обработки. [18] Например, использование электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) позволило разрушить афлатоксины и сохранить качество обрабатываемого зерна. [9, 10, 14]

В литературных источниках представлены ограниченные сведения о применении электронного излучения в качестве предпосевной обработки семенного материала. Данный физический метод воздействия на семена требует всестороннего изучения.

Цель работы — оценить в условиях вегетационного опыта действие предпосевного низкоэнергетического электронного облучения семян ячменя на пораженность растений болезнями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вегетационный опыт закладывали по общепринятой методике. [5] Почва — дерново-подзолистая супесчаная, pH_{KCl} — $4,6 \pm 0,01$; гумус — $1,22 \pm 0,01\%$, емкость катионного обмена — $5,3 \pm 0,01$ мг-экв/100 г; содержание P_2O_5 — $103,3 \pm 1,9$; K_2O — $83,7 \pm 1,3$ мг/100 г почвы.

В просеянную и увлажненную до 60% полной влагоемкости (ПВ) почву при тщательном перемешивании вносили NPK в виде водных растворов солей NH_4NO_3 , K_2SO_4 и KH_2PO_4 в дозах N — 0,15; P_2O_5 — 0,1 и K_2O — 0,1 г/кг почвы, оптимальных для роста и развития зерновых культур. Почву набивали в полиэтиленовые сосуды объемом 5 л.

В экспериментах использовали семена ярового ячменя сорта *Владимир* (репродукция 1), пораженные темно-бурой пятнистостью *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (естественный инфекционный фон).

Облучали семена за 7 сут. до посева в ИСЭ СО РАН (г. Томск) на широкоапертурном электронном уско-

рителе «Дуэт» с сетчатым плазменным катодом и выводом генерируемого пучка большого сечения в атмосферу. [21] Зерно облучали с одной стороны, дозы — 1, 2, 3, 4 и 5 кГр. Суммарную введенную дозу набирали при изменении количества импульсов. Мощность — 100 Гр/импульс, энергия электронов — 130 (режим 1) и 160 кэВ (режим 2). Глубина поглощения дозы не превышала 300 мкм.

Облученные семена высевали в почву (влажность 60% ПВ) по 30 шт./сосуд. Размещение сосудов меняли ежедневно по определенной схеме, обеспечивающей равномерную освещенность растений. Повторность — трехкратная.

Ячмень выращивали до полной спелости при температуре 18...24°C, постоянной влажности почвы и дополнительном ежедневном досвечивании в течение 3 ч. Для изучения динамики роста и развития в процессе вегетации растения отбирали на 21-е (начало кушения), 60-е (колошение) и 100-е (полная спелость) сут. после посева. За весь вегетационный период наблюдали за развитием растений, рассчитывали площадь листовой поверхности — ПЛП (см²), определяли сырую и сухую массу растений после высушивания растительного материала при температуре 65°C в течение 6 ч. [4]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В фазе кушения при дозах 2...4 кГр (режим 1) снижалась пораженность растений корневой гнилью (возбудитель *Bipolaris sorokiniana*) (рис. 1). В варианте с облучением 3 кГр, (режим 1) отмечено максимальное уменьшение данного показателя в два раза, относительно контроля. В дозе 1 кГр (режим 2) в начальной фазе роста пораженность снизилась более чем в 1,5 раза к контролю.

В фазе колошения данный показатель имел более высокие значения, однако закономерности сохранялись. При дозе 2 кГр (режим 1) максимально уменьшилась пораженность в три раза, по сравнению с контролем, 2, 4 и 5 кГр (режим 2) — статистически значимо снизилась. В фазе полной спелости действие облучения на пораженность ячменя корневой гнилью почти полностью нивелировалось, по сравнению с необлученным контролем.

Распространенность корневой гнили на корнях растений ячменя изменялась в той же зависимости от дозы облучения, что и степень поражения (рис. 2). В фазе кушения 2...4 кГр (режим 1) она достоверно уменьшалась и максимально снижалась в три раза в варианте с облучением дозой 3 кГр (режим 1), по сравнению с контролем (рис. 2). При облучении семян в режиме 2 снижение распространенности болезни в фазе кушения выявлено только при дозе облучения 1 кГр более чем в 1,5 раза, по сравнению с контролем.

При облучении дозой 2 кГр (режим 1) максимально уменьшалась распространенность в два раза, а при 1, 2, 4 и 5 кГр (режим 2) зафиксировано достоверное снижение данного показателя.

В фазе полной спелости действие облучения на распространенность корневой гнили ячменя полностью нивелировалось, по сравнению с необлученным контролем.

Учет пораженности листьев ячменя темно-бурой пятнистостью (возбудитель *Bipolaris sorokiniana*) про-

водили в процессе вегетации в фазы кушения и колошения (рис. 3, 4).

По степени поражения контрольного варианта в фазе кушения установлено, что наибольшая пораженность отмечена на первом листе — 54%, наименьшая — на третьем (10%).

При электронном облучении данный показатель на первом листе существенно превышал контроль, а между опытными вариантами достоверной разницы не было. Облучение третьего листа 5 кГр (130 кэВ, режим 1) способствовало увеличению степени поражения на 23 %, а при 4 кГр (160 кэВ, режим 2) на 30% (рис. 3).

Учет пораженности листьев темно-бурой пятнистостью в фазе колошения проводили, начиная с верхнего флаг-листа (рис. 4).

Показано, что нижние листья растений ячменя сорта *Владимир* (четвертый-седьмой) почти все поражены *Bipolaris sorokiniana* на 100%, за исключением варианта с облучением 1 кГр (режим 1), где степень поражения по листьям (четвертый-шестой) достоверно ниже контроля, различие составляло всего 1...3% (рис. 4). По первому-третьему листьям пораженность болезнью превышала контроль при облучении 2...5 кГр (режим 1) и 1...5 кГр (режим 2) — в 2,1...2,8 раза по первому листу, 1,9...2,0 — второму и 1,2 раза — третьему. При облучении семян в дозе 1 кГр (режим 1) пораженность *Bipolaris sorokiniana* по первому-третьему листьям не отличалась от контроля.

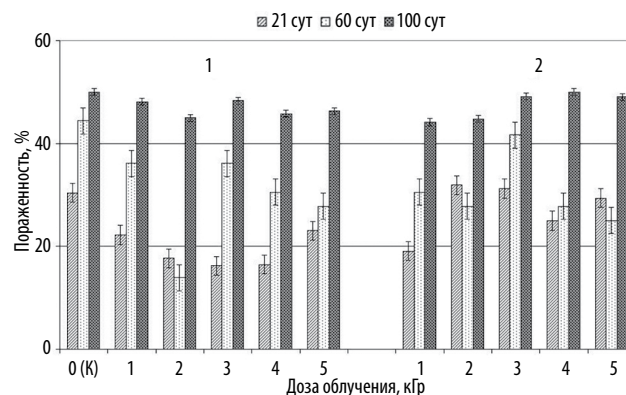


Рис. 1. Динамика пораженности корней ярового ячменя *Bipolaris sorokiniana*. 1 и 2 — режимы облучения (то же на рис. 2–4).

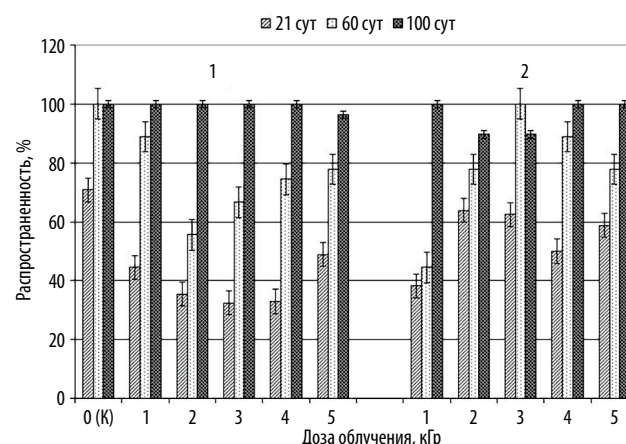


Рис. 2. Динамика распространенности *Bipolaris sorokiniana* на корнях ячменя.

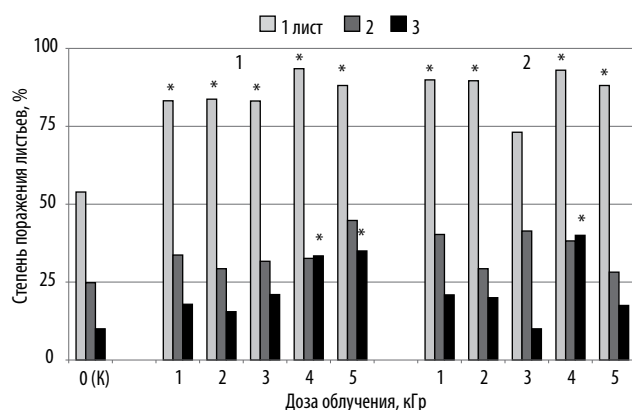


Рис. 3. Степень поражения листьев ячменя *Bipolaris sorokiniana* в фазе кушения (* — различия статистически значимы, по сравнению с контролем при $P < 0,5$).

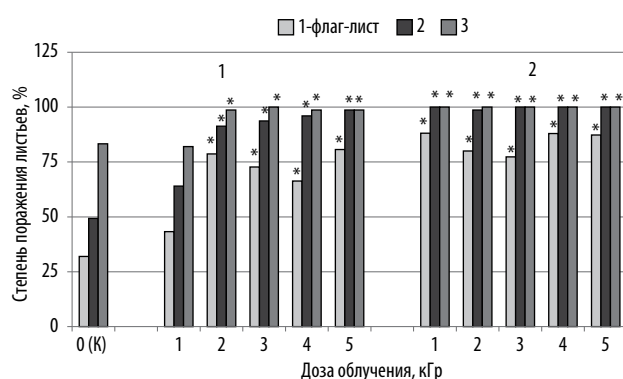


Рис. 4. Степень поражения листьев ячменя *Bipolaris sorokiniana* в фазе колошения.

Выводы. Установлено, что предпосевная обработка семян статистически значимо снижает степень поражения и распространенность болезни на корнях в фазах кушения и колошения в 1,5 раза при энергии электронов 130 кэВ (режим 1), повышает пораженность первого-третьего листьев в фазе кушения на 23%, независимо от дозы и режима облучения, верхних листьев в фазе колошения при облучении 2...5 (режим 1) и 1...5 кГр (режим 2) — 2,1...2,8 раза по первому листу, 1,9...2,0 — второму и 1,2 раза — третьему.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бастрон А.В., Долгов И.В. Постановка проблемы обеззараживания зерна пшеницы ЭМП СВЧ в послеуборочный период и пути ее решения // Эпоха науки. 2016. № 5. С. 9.
- Беспалько В.В., Буряк Ю.И. Влияние предпосевной обработки семян микроволновым полем в сочетании с регулятором роста и биопрепаратом на посевные качества и урожайные свойства ячменя ярового // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». 2014. № 4 (12). С. 133–138.
- Воробьев М.С., Денисов В.В., Коваль Н.Н. и др. Радиационная обработка натурального латекса с использованием широкоапертурного ускорителя электронов с плазменным эмиттером // Химия высоких энергий. 2015. Т. 49. № 3. С. 169–172.
- Довнар В.С. К методике измерения площади листьев у злаковых культур // С.-х. биология. 1979. Т. 14. № 2. С. 235–237.

- Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука, 1968. 206 с.
- Козьмин Г.В., Гераськин С.А., Санжарова Н.И. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. 400 с.
- Котин А.И., Новикова Г.В., Зайцев П.В. и др. Исследование и разработка установки для предпосадочной обработки клубней картофеля воздействием электрофизических факторов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 89–93.
- Лавринова В.А., Чекмарев В.В., Гусев И.В. Общие принципы развития исследований по защите зерновых культур от болезней в Тамбовской области // Земледелие. 2018. № 1. С. 27–31.
- Соболева О.М. Экологическая оценка действия электромагнитного поля на семена озимых злаков // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 11. С. 47–49.
- Соболева О.М., Кондратенко Е.П., Витязь С.Н. Влияние электромагнитного поля на аминокислотный состав и биологическую ценность зерна новой озимой культуры // Вестник АГАУ. 2015. № 11. С. 58–64.
- Соболева О.М. Динамика численности микроорганизмов на поверхности зерновок ржи и ячменя после электромагнитной обработки // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 21–23.
- Соковнин С.Ю. Наносекундные ускорители электронов и радиационные технологии на их основе. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 224 с.
- Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642).
- Толмачева Т.А. Афлатоксины, их влияние на продовольственное сырье и методы обеззараживания // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2013. Т. 1. № 2. С. 40–44.
- Физика. Технологии. Инновации / Под ред. Рычкова В.Н., Екатеринбург: УРФУ, 2015. 358 с.
- Bianchini A., Bullerman L.B. Biological control of molds and mycotoxins in foods. In mycotoxin prevention and control in agriculture // ACS symposium series, American Chemical Society, Washington: DC, 2010. P. 1–16.
- Hocking A.D. Microbiological facts and fictions in grain storage // Proceedings of the Australian postharvest technical conference. Canberra: CSIRO, 2003. P. 55–58.
- Karlovsky P., Suman M., Berthiller F. Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination // Mycotoxin research. 2016. Vol. 32. №. 4. P. 179–205.
- Loy N.N., Sanzharova N.I., Gulina S.N. et al. Influence of electronic irradiation on the affection of barley by root rot // J. Phys.: Conf. Ser., 2019. V. 1393. 012107.
- Oghbaei M., Prakash J. Effect of primary processing of cereals and legumes on its nutritional quality: A comprehensive review // Cogent Food & Agriculture. 2016. Vol. 2. № 1. P. 1–14. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1136015>
- 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. No. 5. P. 687–695.

REFERENCES

- Bastron A.V., Dolgov I.V. Postanovka problemy obezzarazhivaniya zerna pshenicy EMP SVCh v posleuborochnyj period i puti ee resheniya // Epoha nauki. 2016. № 5. S. 9.
- Bespal'ko V.V., Buryak Yu.I. Vliyaniye predpossevoj obrabotki semyan mikrovolnovym polem v sochetanii s regul'yatorom rosta

- i biopreparatom na posevnye kachestva i urozhajnye svojstva yachmenya yarovogo // Nauchno-proizvodstvennyy zhurnal «Zernobobovye i krupnyanye kul'tury». 2014. № 4 (12). S. 133–138.
3. Vorob'ev M.S., Denisov V.V., Koval' N.N. et al. Radiation processing of natural latex using a wide-aperture electron accelerator with a plasma emitter // Himiya vysokih energij. 2015. T. 49. № 3. S. 169–172.
 4. Dovnar V.S. K metodike izmereniya ploshchadi list'ev u zlakovykh kul'tur // S.-h. biologiya. 1979. T. 14. № 2. S. 235–237.
 5. Zhurbickij Z.I. Teoriya i praktika vegetatsionnogo metoda. M.: Nauka, 1968. S. 206.
 6. Koz'min G.V., Geras'kin S.A., Sanzharova N.I. Radiatsionnye tekhnologii v sel'skom hozyajstve i pishchevoj promyshlennosti. Obninsk: VNIIRAE, 2015. S. 400.
 7. Kotin A.I., Novikova G.V., Zajcev P.V. i dr. Issledovanie i razrabotka ustanovki dlya predposadochnoj obrabotki klubnej kartofelya vozdeystviem elektrofizicheskikh faktorov // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. T. 14. № 1 (52). S. 89–93.
 8. Lavrinova V.A., Chekmarev V.V., Gusev I.V. Obshchie principy razvitiya issledovaniy po zashchite zernovykh kul'tur ot boleznej v Tambovskoj oblasti // Zemledelie. 2018. № 1. S. 27–31.
 9. Soboleva O.M. Ekologicheskaya ocenka deystviya elektromagnitnogo polya na semena ozimyykh zlakov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. T. 31. № 11. S. 47–49.
 10. Soboleva O.M., Kondratenko E.P., Vityaz' S.N. Vliyaniye elektromagnitnogo polya na aminokislotnyy sostav i biologicheskuyu cennost' zerna novoy ozimoy kul'tury // Vestnik AGAU. 2015. № 11. S. 58–64.
 11. Soboleva O.M. Dinamika chislennosti mikroorganizmov na poverhnosti zernovok rzhii i yachmenya posle elektromagnitnoy obrabotki // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. № 9. S. 21–23.
 12. Sokovnin S.Yu. Nanosekundnye uskoriteli elektronov i radiatsionnye tekhnologii na ih osnove. Ekaterinburg: UrO RAN, 2007. S. 224.
 13. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federatsii (utv. Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federatsii ot 1 dekabrya 2016 g. № 642).
 14. Tolmacheva T.A. Aflatoksiny, ih vliyaniye na prodovol'stvennoe syr'e i metody obezzarazhivaniya // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii. 2013. T. 1. № 2. S. 40–44.
 15. Fizika. Tekhnologii. Innovatsii / Pod red. Rychkova V. N., Ekaterinburg: URFU, 2015. 358 s.
 16. Bianchini A., Bullerman L.B. Biological control of molds and mycotoxins in foods. In mycotoxin prevention and control in agriculture // ACS symposium series, American Chemical Society, Washington: DC, 2010. P. 1–16.
 17. Hocking A.D. Microbiological facts and fictions in grain storage // Proceedings of the Australian postharvest technical conference. Canberra: CSIRO, 2003. P. 55–58.
 18. Karlovsky P., Suman M., Berthiller F. Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination // Mycotoxin research. 2016. Vol. 32. № 4. P. 179–205.
 19. Loy N.N., Sanzharova N.I., Gulina S.N. et al. Influence of electronic irradiation on the affection of barley by root rot // J. Phys.: Conf. Ser., 2019. V. 1393. 012107.
 20. Oghbaei M., Prakash J. Effect of primary processing of cereals and legumes on its nutritional quality: A comprehensive review // Cogent Food & Agriculture. 2016. Vol. 2. № 1. P. 1–14. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1136015>
 21. 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. No. 5. P. 687–695.

Поступила в редакцию 27.04.2024

Принята к публикации 11.05.2024

УДК 633.34+631.155.1

DOI: 10.31857/S2500208224050037, EDN: ztwjvg

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОИ В РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Михаил Олегович Синеговский, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН – обособленное подразделение

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с. Восточное, Хабаровский край, Россия

E-mail: sin-msk@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен анализ современного состояния производства сои в Российской Федерации. В России в 2023 году был установлен рекорд по валовому сбору сои за всю историю, с общим намолотом зерна 6,8 млн т. При этом сменился и лидер производства: с традиционного Дальнего Востока, где соя возделывается более 100 лет, на Центральный Федеральный округ, достигший самых больших валовых сборов сои в стране около 3,0 млн т. Рост производства реализуется не только из-за экстенсивных путей развития, но и повышения урожайности культуры. В 2023 году средняя урожайность по стране – 1,92 т/га (исторический максимум). Следует отметить, что в повышении урожайности взято направление, согласно Доктрине продовольственной безопасности, на увеличение до 75% доли семян отечественных сортов в общем объеме к 2030 году, и для этого имеются все необходимые ресурсы.

Ключевые слова: сорт, селекция, валовый сбор, урожайность, посевная площадь, растениеводство, белок, масло

SOYBEAN CULTIVATION IN RUSSIA UNDER MODERN CONDITIONS

M.O. Sinegovsky, PhD in Economic Sciences, Senior Researcher

Khabarovsk Federal Research Centre of DVO RAN, Isolating Subdivision the Far East Scientific-Research Institute of Agriculture,

Vostochnoye village, Khabarovsk Krai, Russia

E-mail: sin-msk@yandex.ru

Abstract. The article presents an analysis of the current state of soybean production in the Russian Federation. It is shown that the production of this valuable high-protein oilseed crop over the previous years has made a huge breakthrough in conquering the market and increasing its share

in the country's total agricultural production. In Russia, in 2023, a record was set for the gross soybean production in history, with a total grain of 6.8 million tons. At the same time, the production leader also changed: from the traditional Far East, where soybeans have been cultivated for more than 100 years, to the Central Federal District, which has achieved the largest gross soybean yields in the country – about 3.0 million tons. Production growth is realized not only through extensive development paths, but also through increasing crop productivity. In 2023, the average yield in the country was 1.92 t/ha, which is also a historical maximum. It should be noted that in increasing productivity, the direction has been taken, according to the Food Security Doctrine, to increase to 75% the share of seeds of domestic varieties in the total volume by 2030, and for this there are all the necessary resources.

Keywords: variety, breeding, gross yield, yield, sown area, crop production, protein, oil

Соя – высокобелковая масличная культура, производство которой в России последнее десятилетие быстро растет. Как приоритетная сельскохозяйственная культура она обеспечивает высокую рентабельность в производстве, повышение эффективности ее возделывания позволит решить проблему недостатка белка в питании населения. Особенность биохимического состава семян сои делает ее востребованной в пищевой и медицинской отраслях. [9] Также она имеет большое продовольственное, целебное, кормовое, техническое и агротехническое значение. В структуре мирового производства масличных культур около 2/3 приходится на сою (59 %), рапс (12) и подсолнечник (9 %). Экспертами продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) прогнозируется увеличение валовых сборов сои на 1 % в год (в последнее десятилетие на 2,9 %). Рост валовых сборов будет достигаться не только из-за расширения посевных площадей, но и благодаря повышению урожайности сои, к 2031 году составит 411 млн т, более чем в два раза превысит совокупный объем производства других масличных культур (188 млн т). [6]

В связи с потребностью населения в белке увеличивается спрос на сорта с его высоким содержанием, которое в зависимости от условий выращивания равно 29...58%. В зерне сои содержится до 45% и более высококачественного по аминокислотному составу, растворимости и усвояемости белка, 17...25% полноценного растительного масла, 10...12 растворимых сахаров, 20...30 углеводородных соединений, 5...6% зольных макро- и микроэлементов, состав и соотношение которых определяется условиями выращивания. [10]

Необходимость дальнейшего увеличения производства растительного белка связана с ростом населения на земном шаре. Экономические прогнозы свидетельствуют о том, что продолжится тенденция роста потребления мяса и других продуктов животноводства на душу населения не только в развитых, но и развивающихся странах. На единицу белка продукции животноводства затрачивается 3...7 ед. растительного белка. [2]

Народная, а затем и научная селекция сои изначально была нацелена на повышение содержания масла в семенах. На это указывает историческое ее название – масленичные бобы, а также данные из научных публикаций прошлого века. [3, 5] За последние десятилетия селекционные усилия во всем мире сместились в сторону повышения содержания белка в семенах. Согласно оценочной базе данных коллекции сои Департамента сельского хозяйства США, насчитывающей около 20 тыс. образцов, содержание белка в семенах культурной сои варьирует от 31,7 до 57,9%, масла – 6,5...25,6%. [7]

На долю трех ведущих производителей сои (Бразилия, США, Аргентина) приходится 70,5% посевных площадей и более 80% ее валового сбора. Также значимый объем земель, занятых под ней, на территории Индии (9,6%) и Китая (6,4%), а в России – 2,3% общемировых. Рост мирового производства сои обеспечивается увеличением посевных площадей и повышения урожайности. [4]

Цель работы – проанализировать современное состояние и тенденции производства сои в России за прошедшие 30 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучено современное состояние растениеводства России с использованием трудов отечественных и зарубежных авторов, собственных исследований и разработок, методологических и теоретических методов. Применены статистический, абстрактно-логический, монографический методы, законодательные и нормативные акты Российской Федерации, материалы Федеральной службы государственной статистики и Министерства сельского хозяйства России.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Россия движется в общемировом тренде производства сои, ежегодно увеличивая ее намот как для внутреннего потребления, так и в качестве экспортоориентированной культуры. Российский рынок сои – в европейской части (Центральный и Южный федеральные округа) и азиатской (Дальневосточный и Сибирский).

С момента распада Советского союза в 1991 году, площадь пашни в современной России снижалась до середины 2000-х годов (рис. 1). Соеводство России имеет противоположную тенденцию, из года в год площадь посева расширяется до 3,7 млн га (2023 год). За этот же период увеличилась посевная площадь кукурузы на зерно и пшеницы. С одной стороны, такой прирост (468%) за 30 лет можно объяснить крайне слабыми стартовыми показателями, с другой, Россия в части сои движется в схожей динамике, что и другие страны с растущим интересом к этой высокобелковой масличной культуре (табл. 1).

Основные регионы Российской Федерации по возделыванию сои – Амурская, Курская, Белгородская, Тамбовская, Воронежская, Орловская, Липецкая области и Приморский, Краснодарский, Алтайский края. На их долю приходится 80 % всех посевных площадей в стране. Всероссийский лидер в соевом производстве – Амурская область. Обусловлено это историческими и экономическими факторами, наличием плодородных почв и относительно благоприятным гидротермическим режимом в земледельческих регионах (табл. 2).

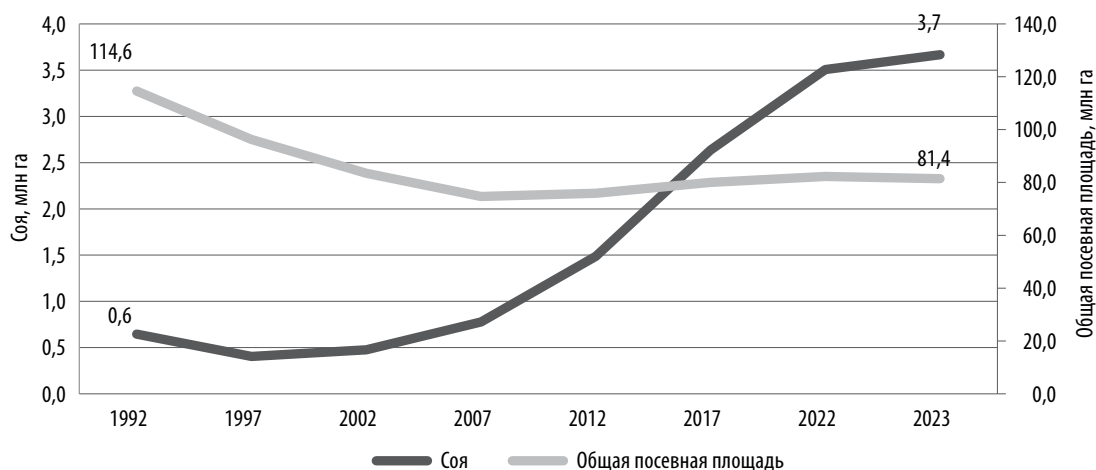


Рис. 1. Общая посевная площадь и площадь сои в России, 1992–2023 годы, млн га.

Таблица 1.

Посевная площадь основных сельскохозяйственных культур по годам, млн га

Культура	1992	1997	2002	2007	2012	2017	2022	2023	Прирост 2023/1992
Все	114,6	96,3	83,5	74,7	75,9	80,0	81,6	81,4	–29%
в том числе									
Горох	н/д	1,0	0,8	0,7	1,3	1,3	1,6	2,0	н/д
Гречиха	1,7	1,1	0,8	1,3	1,3	1,7	1,1	1,3	–24%
Картофель	3,4	3,2	2,6	2,0	1,8	1,3	1,1	1,1	–68%
Кукуруза на зерно	0,8	0,9	0,6	1,5	2,1	3,0	2,8	2,7	229%
Овес	8,5	6,4	4,3	3,5	3,3	2,9	2,2	1,8	–79%
Пшеница озимая и яровая	24,3	26,1	25,7	24,4	24,7	27,9	29,5	29,7	23%
Рапс озимый и яровой	н/д	0,1	0,1	0,7	1,2	1,0	2,3	2,1	н/д
Рожь озимая и яровая	7,6	4,0	3,8	2,1	1,6	1,2	0,9	0,9	–88%
Сахарная свекла	1,4	0,9	0,8	1,1	1,1	1,2	1,0	1,1	–26%
Соя	0,6	0,4	0,5	0,8	1,5	2,6	3,5	3,7	468%
Ячмень озимый и яровой	14,6	12,5	10,2	9,6	8,8	8,0	8,0	7,9	–46%

Еще в 1916 году амурский областной агроном В.А. Рубинский прогнозировал востребованность сои в будущем. [12] Она играет ключевую роль не только в АПК Амурской области, но и во всей экономике региона.

За 30 лет посевная площадь под соей имеет стабильную положительную тенденцию. Если регионы Дальнего Востока исторически возделывали сою, имея большой набор сортов местной селекции, то регионы Центрального федерального округа (ЦФО) в на-

чале XXI века сою практически не производили. Но к 2023 году уже 42 % общей площади приходится на посевы сои (рис. 2). Наибольший рост в ЦФО показали Белгородская, Курская и Воронежская области за счет менее рентабельных зерновых и технических культур.

Таблица 2.

Посевная площадь сои в России по регионам и годам, тыс. га

Регион	1997	2002	2007	2012	2017	2022	2023
Российская Федерация	404,4	475,8	777,6	1486,5	2635,8	3506,5	3667,0
Амурская область	232,6	239,9	314,5	687,6	964,4	861,6	905,5
Курская область	0,9	0,8	0,7	43,9	173,3	318,8	345,8
Приморский край	83,9	107,9	120,2	171,3	290,3	318,0	309,5
Белгородская область	0,1	2,2	30,2	92,9	211,2	294,6	284,8
Воронежская область	0,2	2,2	5,5	23,6	99,5	182,0	214,8
Тамбовская область	0,0	0,0	0,3	8,4	88,1	194,5	204,6
Краснодарский край	36,8	59,0	145,6	173,4	176,5	185,8	172,1
Алтайский край	5,7	1,9	11,3	12,3	61,6	138,9	155,8
Орловская область	0,1	0,1	1,4	25,0	73,0	151,1	152,6
Липецкая область	0,0	0,1	0,7	22,4	74,1	126,9	151,6
ЕАО	19,3	32,5	59,2	82,0	134,4	113,1	122,7
Рязанская область	0,03	0,1	0,8	0,3	15,3	80,0	96,2
Пензенская область	0,0	0,1	0,0	6,8	32,7	94,5	93,3

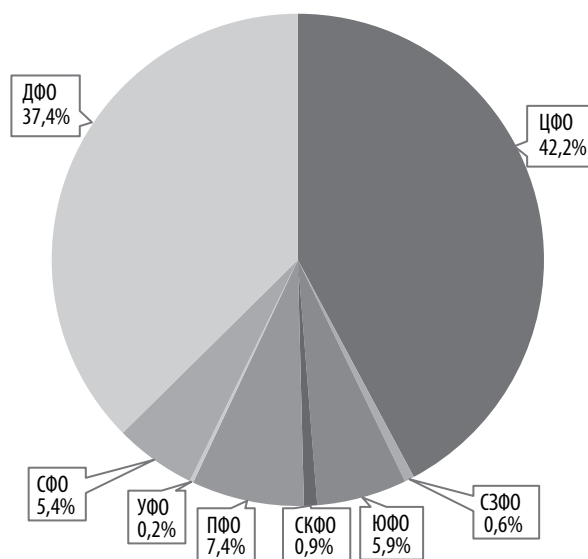


Рис. 2. Структура посевных площадей сои по федеральным округам России, 2023 год.

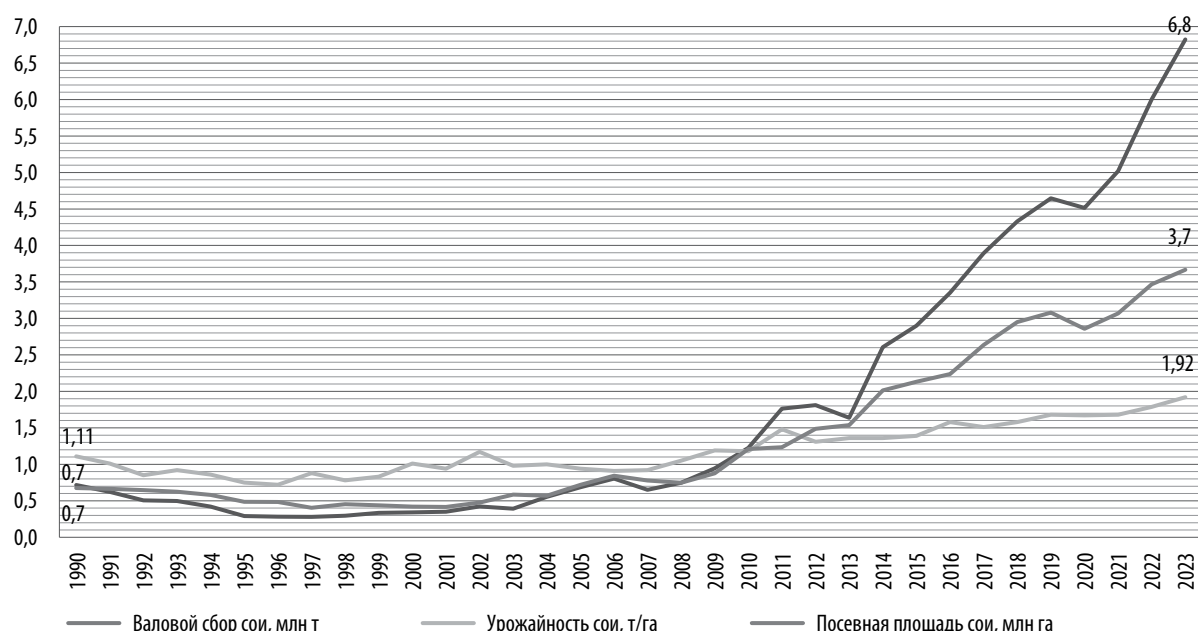


Рис. 3. Валовой сбор, урожайность и посевная площадь сои в России.

Вслед за ростом посевных площадей сои происходит увеличение общих объемов производства культуры. Суммарно в Российской Федерации в 2023 году сбор сои превысил 6,8 млн т — рекорд за всю историю отечественного соеводства. Рост ее объема в стране происходит в результате экстенсивного развития (увеличение площадей) и интенсивного (использование новых высокоурожайных отечественных сортов). Очевидно, что расширение посевных площадей из-за высокого спроса на сою идет гораздо быстрее, чем повышение качества, выраженного в продуктивности (рис. 3).

Этот диспаритет можно связать с упадком и деградацией отрасли в 90-е годы прошлого столетия. Большой скачок в производстве сои произошел после введения в 2015 году нулевой экспортной пошлины, что простимулировало увеличение цен на внутреннем рынке и внешнеторгового спроса. [8]

Специфика культуры заключается в том, что уровень ее урожайности зависит не только от природных и климатических факторов, но определяется, прежде всего, генетическим потенциалом сортов, прогрессивностью применяемых систем земледелия, технологий и технических средств. [1] Благодаря совместному эффективному использованию всех факторов в России постепенно возрастает урожайность сои в основных регионах (табл. 3).

Увеличение урожайности происходит, в первую очередь, в регионах ЦФО, где природно-климатические условия наиболее благоприятные для сои, как теплолюбивой культуры. В 2023 году отметку в 2 т/га преодолели семь из них, с историческим максимумом средней урожайности в 2,55 т/га (Белгородская область), еще 10 лет назад она была на 33 % ниже. Исторические центры соеводства (Дальний Восток) отстают по уровню урожайности на 30...40 %, из-за более короткого вегетационного периода с недостатком тепловых ресурсов и неравномерным распределением осадков.

Лидер по производству сои в России — Амурская область (табл. 4). Несмотря на то, что она находится в самой северной зоне мирового возделывания сои,

Таблица 3.

Урожайность сои в регионах России по годам, т/га

Регион	1997	2002	2007	2012	2017	2022	2023
Российская Федерация	0,69	0,89	0,84	1,22	1,48	1,65	1,86
Белгородская область	1,00	0,91	1,19	1,70	1,65	1,65	2,55
Курская область	0,56	0,50	1,00	1,40	1,83	2,00	2,45
Липецкая область	0,00	0,30	0,86	1,48	1,47	1,93	2,34
Рязанская область	0,33	0,30	0,75	0,67	1,36	1,61	2,26
Орловская область	0,30	2,00	0,57	1,22	1,51	1,57	2,18
Воронежская область	0,50	0,36	0,76	1,30	1,33	1,73	2,04
Тамбовская область	—	—	0,67	1,38	1,45	1,43	2,02
Краснодарский край	1,21	1,64	0,91	1,80	2,00	2,17	1,88
Алтайский край	0,54	0,89	0,78	0,96	1,59	1,38	1,74
Пензенская область	—	0,04	—	0,93	1,31	1,12	1,67
Амурская область	0,73	1,11	0,83	1,14	1,42	1,81	1,58
Еврейская автономная область	0,47	0,23	1,05	0,80	1,22	1,19	1,38
Приморский край	0,43	0,21	0,69	0,99	1,35	1,55	1,18

Таблица 4.

Валовое производство сои в регионах России по годам, тыс. т

Регион	1997	2002	2007	2012	2017	2022	2023
Российская Федерация	279,5	422,5	650,6	1811,2	3893,8	5788,9	6823,5
Амурская область	169,1	265,4	261,9	782,6	1369,7	1559,9	1428,7
Курская область	0,5	0,4	0,7	61,5	316,9	639,1	848,8
Белгородская область	0,1	2,0	35,9	158,0	347,9	487,1	725,8
Воронежская область	0,1	0,8	4,2	30,7	132,3	314,5	437,6
Тамбовская область	0,0	0,02	0,2	11,6	127,6	277,2	414,0
Приморский край	36,0	22,7	82,4	169,7	392,3	493,3	366,0
Липецкая область	0,00	0,03	0,6	33,1	108,9	244,9	355,0
Орловская область	0,03	0,2	0,8	30,6	110,3	237,1	332,6
Краснодарский край	44,5	96,5	132,1	312,8	352,2	403,9	324,3
Алтайский край	3,1	1,7	8,8	11,8	98,0	191,4	271,0
Рязанская область	0,01	0,03	0,6	0,2	20,8	128,7	217,3
Еврейская автономная область	9,1	7,4	62,1	65,3	164,1	134,9	169,5
Пензенская область	0,00	0,004	0,0	6,3	42,7	105,9	155,8

с 2017 года производится более 1 млн т ежегодно. [11] Второе и третье места, с отрывом почти в два раза, занимают Курская и Белгородская области (более 700 тыс. т бобов на каждый регион в год).

Первые пять регионов собирают более 50 % всех российских объемов производства сои. Многие регионы Центральной полосы России, которые еще 10 лет назад практически ее не возделывали, к 2022 году намолачивали уже свыше 100 тыс. т ежегодно. Суммарно страна собирает 6,8 млн т сои, ежегодно наращивая объемы. С 2017 года прирост к 2023 году составил 75,2%, с 2012 к 2017 – 115%.

Успех возделывания сельскохозяйственной культуры определяется тремя составляющими: получение полноценных всходов; создание для растений благоприятных условий питания и увлажнения; защита от неблагоприятных воздействий (сорняки, вредители и болезни). Решающий фактор – правильный выбор сорта.

На территории России возделывают 224 сорта сои, из них 67 зарубежной селекции. Несмотря на то, что количественно по наименованиям зарубежная селекция в меньшинстве, в объеме высеваемых семян она преобладает, составляя 51 % (рис. 4). Суммарный высеv семян сои в 2022 году – 351,4 тыс. т. Ситуация с данной пропорцией по семенам меняется незначительно от года к году, в 2017 на долю отечественных семян приходилось 52 %.

Необходимо грамотно применять современные интенсивные технологии и совершенствовать селекционный процесс для создания более продуктивных и устойчивых к неблагоприятным факторам сортов. Чем хуже природно-климатические и погодные условия, ниже оснащенность сельского хозяйства, тем больше роль сорта в формировании величины и качества урожая, а, следовательно, и уровня рентабельности производства. Внедрение новых сортов, обладающих лучшими качествами, по сравнению с ранее возделываемыми, способствует росту производства продукции, а их повышенная устойчивость к болезням снижает опасность загрязнения окружающей среды из-за меньшей потребности в дорогостоящих химических обработках. [13] В России следует усилить роль отечественной селекции и достичь доминирования на рынке семян не только по сое, но и другим основным сельскохозяйственным культурам.

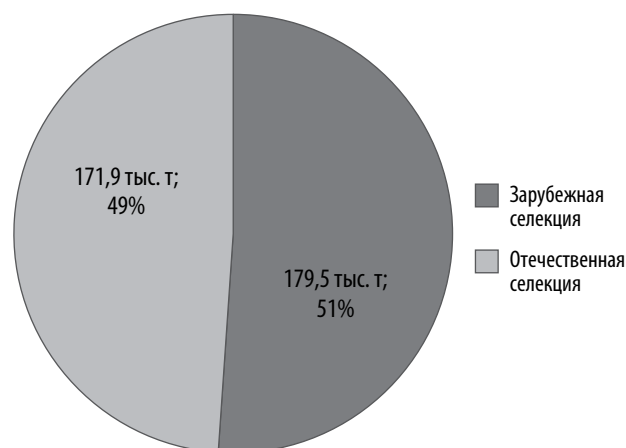


Рис. 4. Доля отечественных и зарубежных семян сортов сои в России, 2022 год.

Выводы. Современная отрасль соеводства России проделала огромный путь за предшествующие 30 лет: от традиционного выращивания на Дальнем Востоке до интродукции практически во все регионы страны с дальнейшим увеличением посевных площадей. Соя на сегодняшний день – это не только культура внутреннего потребления, включенная в Нацпроект «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности», но и экспортоориентированный товар с огромным азиатским рынком.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Векленко В.И., Пигорева О.В., Кузьминов К.В. Современное состояние и прогноз развития производства сои в Курской области. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 160–165.
2. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития. Вестник ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3 (47). С. 25–33.
3. Золотницкий В.А. Соя на Дальнем Востоке. Хабаровск, 1962. 248 с.
4. Козлова Е.И., Новак М.А., Яндю В.В. Региональные аспекты развития рынка сои на современном этапе. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16. № 1 (76). С. 213–220.
5. Лещенко А.В., Касаткин Б.В., Хотулев М.И. Соя. М.: ОГИЗ Сельхозгиз, 1948. 272 с.
6. Литвиненко О.В., Корнева Н.Ю., Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В. Результаты сравнительного изучения сортов сои по показателям биохимического состава зерна. Агронаука. 2023. Т. 1. № 4. С. 62–70.
7. Новикова Л.Ю., Сеферова И.В., Некрасов А.Ю. и др. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (6). С. 708–715.
<https://doi.org/10.18699/VJ18.414>
8. Постановление Правительства России от 04.08.2015 № 786 «О внесении изменений в ставки вывозных таможенных пошлин на товары, вывозимые из Российской Федерации за пределы государств – участников соглашений о Таможенном союзе»,
<http://government.ru/docs/all/102962/>
9. Синеговская В.Т., Очкурова В.В. Роль способа посева в формировании репродуктивных органов растений и урожайности семян сортов сои. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 12–17.
10. Синеговская В.Т., Очкурова В.В., Синеговский М.О. Содержание белка и жира в семенах сортов сои различного генетического происхождения. Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 15–19.
11. Синеговская В.Т. Вклад фундаментальных исследований в совершенствование селекционного процесса при создании сортов сои на Амуре. Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 6. С. 5–11.
12. Синеговский М.О. Соя как инструмент компенсации дефицита белка (исторический аспект). Агронаука. 2024. № 1 (2). С. 16–22.
<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22>
13. Шиндин И.М. Сорт как инновационный ресурс агропромышленного комплекса. Региональные проблемы. 2009. № 11. С. 74–76.

REFERENCES

1. Veklenko V.I., Pigoreva O.V., Kuz'minov K.V. Sovremennoe sostoyanie i prognoz razvitiya proizvodstva soi v Kurskoj oblasti. Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2023. № 2. S. 160–165.
2. Dorohov A.S., Belyshkina M.E., Bol'sheva K.K. Proizvodstvo soi v Rossijskoj Federacii: osnovnye tendencii i perspektivy razvitiya. Vestnik ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2019. № 3(47). S. 25–33.
3. Zolotnickij V.A. Soya na Dal'nem Vostoke. Habarovsk, 1962. 248 s.
4. Kozlova E.I., Novak M.A., Yand'o V.V. Regional'nye aspekty razvitiya rynka soi na sovremennom etape. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. T. 16. № 1 (76). S. 213–220.
5. Leshchenko A.V., Kasatkin B.V., Hotulev M.I. Soya. M.: OGIZ Sel'hozgiz, 1948. 272 s.
6. Litvinenko O.V., Korneva N.Yu., Kodirova G.A., Kubankova G.V. Rezul'taty sravnitel'nogo izucheniya sortov soi po pokazatelyam biohimicheskogo sostava zerna. Agronauka. 2023. T. 1. № 4. S. 62–70.
7. Novikova L.Yu., Seferova I.V., Nekrasov A.Yu. i dr. Vliyaniye pogodno-klimaticheskikh uslovij na sodержание belka i masla v semenah soi na Severnom Kavkaze. Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. № 22 (6). S. 708–715. <https://doi.org/10.18699/VJ18.414>
8. Postanovlenie Pravitel'stva Rossii ot 04.08.2015 № 786 «O vnesenii izmenenij v stavki vyvoznih tamozhennyh poshlin na tovary, vyvozimy iz Rossijskoj Federacii za predely gosudarstv – uchastnikov soglashenij o Tamozhennom soyuze», <http://government.ru/docs/all/102962/>
9. Sinegovskaya V.T., Ochкурова V.V. Rol' sposoba poseva v formirovanii reproduktivnyh organov rastenij i urozhajnosti semyan sortov soi. Vestnik rossijskoj sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2022. № 6. S. 12–17.
10. Sinegovskaya V.T., Ochкурова V.V., Sinegovskij M.O. Soderzhanie belka i zhira v semenah sortov soi razlichnogo geneticheskogo proiskhozhdeniya. Rossijskaya sel'skoxozyajstvennaya nauka. 2020. № 5. S. 15–19.
11. Sinegovskaya V.T. Vklad fundamental'nyh issledovanij v sovershenstvovanie selekcionnogo processa pri sozdanii sortov soi na Amure. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37. № 6. S. 5–11.
12. Sinegovskij M.O. Soya kak instrument kompensacii defitsita belka (istoricheskij aspekt). Agronauka. 2024. № 1 (2). S. 16–22. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-16-22>
13. Shindin I.M. Sort kak innovacionnyj resurs agropromyshlennogo kompleksa. Regional'nye problemy. 2009. № 11. S. 74–76.

Поступила в редакцию 25.06.2024

Принята к публикации 10.07.2024

УДК 591.61:633.34

DOI: 10.31857/S2500208224050048, EDN: ztvyta

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЗООГУМУСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРУЕМОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Святослав Игоревич Лоскутов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией
промышленных биотехнологических инноваций

Ян Викторович Пухальский¹, научный сотрудник

Анатолий Иванович Осипов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник

Юрий Викторович Хомяков², кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Юрий Витальевич Косильников³, кандидат технических наук, научный сотрудник

Юрий Владимирович Лактионов³, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

¹ВНИИ пищевых добавок – филиал ФНЦ пищевых систем имени В.М. Горбатова, г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

³ФГБНУ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия

E-mail: puhalskyan@gmail.com

Аннотация. В лабораторных условиях климатической камеры проведен модельный эксперимент по изучению влияния жидкого экстракта зоогуруса черной львинки, приготовленного разными способами, на показатели роста и всхожесть семян раннеспелого сорта сои ЭН Аргента. Суспензию зоогуруса во всех вариантах использовали в дозе 0,2% (2000 ppm). В качестве дополнительного фона применили добавку комплексного удобрения, содержащего необходимые для растений элементы питания в виде различных минеральных солей. Самый высокий процент прорастания растений зафиксирован в варианте с водной суспензией зоогуруса без центрифугирования и стерилизации – 94%. На чистой органике зафиксировано увеличение биомассы побегов в среднем на 22%. Однако здесь уже выделялся вариант со стерилизацией, но без центрифугирования суспензии зоогуруса. На органоминеральной среде показатели веса и высоты растений были выше, но отмечалась стагнация в росте, вероятно, из-за пресыщения в режиме питания и образования хелатных комплексов пролонгированного усвоения. Таким образом, водная суспензия зоогуруса, полученная путем стерилизации без дополнительного центрифугирования, – наилучший способ пробоподготовки сырья для дальнейшего его использования в стерильных экспериментах. Центрифугирование снижает количество ферментов и питательных соединений, что негативно сказывается на качестве суспензии, а дополнительная стерилизация высвобождает в среду низкомолекулярные соединения, которыми могут питаться микроорганизмы.

Ключевые слова: соя, зоогурус, фитотрон, агрегатопоника, морфометрические показатели роста

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (темы FGUS 2024-0010 и FGUS 2022-0018) / The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FGUS 2024-0010 and FGUS 2022-0018 topics).

USE OF ZOOHUMUS EXTRACTS IN SOYBEAN CULTIVATION UNDER REGULATED AGROECOSYSTEM CONDITIONS

S.I. Loskutov¹, *PhD in Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Industrial Biotechnological Innovation*Ya.V. Pukhalsky¹, *Researcher*A.I. Osipov², *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher*Yu.V. Khomyakov², *PhD in Biological Sciences, Leading Researcher*Yu.V. Kosulnikov³, *PhD in Engineering Sciences, Researcher*Yu.V. Laktionov³, *PhD in Biological Sciences, Leading Researcher*¹All-Russian Research Institute of Food Additives – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbatova, St. Petersburg, Russia²Agrophysical Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences, St. Petersburg, Russia³All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Pushkin, Russia

E-mail: puhalskyan@gmail.com

Abstract. A model experiment was conducted in the laboratory conditions of the climate chamber to study the effect of liquid extract of black soldier fly zoohumus prepared in different ways on the growth rates and germination of seeds of the early ripening soybean variety EN Argenta. The zoohumus suspension was used in all variants at a dose of 0.2% (2000 ppm). As an additional background, a complex fertilizer containing the necessary plant nutrients in the form of various mineral salts was added. Analysis of the experimental data showed that the highest percentage of plant germination was recorded in the variant with the introduced aqueous suspension of zoohumus without centrifugation and without sterilization, and amounted to 94%. Against the background of pure organic matter, an increase in shoot biomass by an average of 22% was recorded. However, here the variant with sterilization, but without centrifugation of the zoohumus suspension, stood out. Against the background of the organomineral environment, the weight and height of the plants were higher, but stagnation in growth was noted, probably due to oversaturation in the feeding regime and the formation of chelate complexes of prolonged absorption. Thus, an aqueous suspension of zoohumus obtained by sterilization without additional centrifugation is the best way to prepare samples of raw materials for further use in sterile experiments. Centrifugation reduces the amount of enzymes and nutritional compounds, which negatively affects the quality of the suspension, and additional sterilization releases an additional amount of low-molecular compounds into the environment, which can feed microorganisms.

Keywords: soybeans, zoohumus, phytotron, agregatoponics, morphometric growth indicators

Соя (*Glycine max* L.) – маргинальная сельскохозяйственная культура в РФ, которую выращивают от Дальнего Востока до северных областей Нечерноземной зоны. По данным Росстата на 2019 год под ее посеvy в стране было отведено 3,04 млн га. Но для импортозамещения данного объема недостаточно. [4] Это полностью безотходная культура, все ее части перерабатываются. Она способна одновременно обеспечивать население недорогим и полноценным белковым питанием и служить основным компонентом кормовой базы сельскохозяйственных животных. Однако в процессе выращивания соя отличается высокой требовательностью к экологическим условиям и плодородию почвы. [2, 7] При недостатке минерального питания урожайность и содержание протеина может резко снижаться. [12] Питание культуры дифференцировано по фазам вегетации. Она требовательна к азоту, фосфору и калию. Среди микроэлементов растения сои больше всего нуждаются в цинке, боре, молибдене, кобальте и марганце. В начальный период роста, когда корневая система слабо развита, растению необходимы комплексные удобрения в легкоусвояемых формах. [15] Поскольку именно на раннем периоде онтогенеза у сои закладывается устойчивость к воздействию различных биотических и абиотических стрессов, правильно подобранный режим питания и выбор оптимального удобрения будет способствовать специфической адаптационной реакции растения при формировании здоровой зеленой биомассы. В экологическом земледелии, наряду с применением минеральных удобрений, растет интерес к технологии возделывания сои с органическими многокомпонентными добавками. Все большее внимание аграриев привлекают препараты, основу которых составляют гуминовые вещества. [18] Присутствие их в почве ингибирует рост численности

патогенных грибов и микотоксинов. Из-за пролонгированного действия на агроэкосистемы, они способны увеличивать коэффициенты использования минеральных соединений в почвах, образуя с ними хелатные формы и повышая их доступность для растений. Это сопряжено с ростом численности фосфатмобилизирующих ризобактерий. [1, 16] Гуминовые кислоты могут ингибировать содержание в почве фосфатазы. [19] На примере пахотного слоя обыкновенного чернозема выявлена отрицательная корреляционная взаимосвязь средней степени значимости между содержанием подвижного фосфора и фосфатазной активностью. [6, 13] Уменьшение активности фосфатазы с помощью гуминовых добавок – следствие повышения доступных форм фосфора.

Среди современных органических удобрений можно выделить зоогукус – вторичный продукт, получаемый в результате жизнедеятельности насекомых черной львинки (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758), в процессе переработки ими отходов 3...4 класса опасности. [9] По содержанию биогенных элементов и органических гуминовых веществ, зоогукус не уступает сухому птичьему помету и вермикомпосту.

Один из подходов, который может быть использован для первичного скрининга отзывчивости сортов бобовых культур на раннем этапе онтогенеза к действию различных удобрений, – выращивание растений в закрытых агроэкосистемах по типу фитотронов и синерготронов. [3, 5, 8, 10] Чтобы исключить лимитирующий фактор воздействия почв, опыты проводят с помощью метода гидропоники или ее разновидностей (хемо-, агрегато-, йонопоники и другие). [11, 14]

Еще не проработан вопрос пробоподготовки новой органической суспензии зоогукуса для ее эффективного применения в полевых опытах. Поэтому апро-

бация методики выращивания сельскохозяйственных культур в условиях регулируемой среды микроклимата позволит экстраполировать полученный результат на открытый грунт. Технология переработки исходного органического сырья в жидкую суспензию включает в себя несколько этапов — различные способы экстрагирования (водная или щелочная вытяжка), температурная обработка (стерилизация) и механическое воздействие (центрифугирование и сепарирование). Комбинирование данных элементов позволит выявить оптимальный технологический режим и повысить эффективность получаемого удобрения. Учитывая факт хранения, для вытяжки больше подходит щелочная обработка, поскольку проблема водной заключается в появлении запаха. Но при использовании ее в день приготовления негативный результат не очевиден, так как наличие запаха присуще многим традиционным органическим удобрениям. Стерилизация из-за присутствия в составе органики углеводов приводит к процессу карамелизации, с их разложением до органических кислот. Цвет суспензии меняется в сторону более темноокрашенной формы. Сахара как буфер (термопротектор) берут на себя основное физическое (тепловое) воздействие, защищая колонии бактерий от лизиса. Увеличение концентрации органических кислот в растворе способствует росту титра бактерий, поскольку они применяются последними в качестве источника пищи. Также они выполняют функцию стабилизаторов, как это было показано на примере муравьиной кислоты в пищевой промышленности. [20]

Цель работы — оценка влияния жидких экстрактов зоогумуса, приготовленных различными способами, на формирование морфобиометрических параметров проростков и всхожесть семян сои, выращенных в условиях фитотрона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Модельный опыт проводили в лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии в 2024 году. Объект изучения — сорт сои *ЭН Аргента* («ЭкоНива-Семена», Россия).

В субстрат вносили 0,2% (2000 ppm) водный или щелочной раствор зоогумуса, приготовленный различными способами.

В процессе подготовки использовали центрифугу Eppendorf 5804 R (Германия) на 10 тыс. об./мин. и автоклав Tuttnauer 2540 ML (Израиль) для стерилизации полученных суспензий паром при 120°C в течение 30 мин. Дополнительным фоном в отдельных вариантах служила добавка минерального удобрения Fertica Люкс (N — 16,0, P₂O₅ — 20,6, K₂O — 27,1). В контроле растения выращивали на фильтрованной воде без добавок. Схема опыта представлена в таблице.

Растения выращивали в климатической камере (фитотрон) производства Jiuro ВРС300Н (Китай) (рис. 1, 2-я стр. обл.). В пластиковые стаканы емкостью 0,3 л, заполненные увлажненным субстратом, высаживали семена по 4 шт. В качестве подложки использовали агроперлит М150. Повторность — четырехкратная. Срок вегетации — 20 сут. Температура воздуха в рабочей зоне камеры не превышала 28°C, влажность — 60%.

Соя — светолюбивая культура короткого светового дня, которая может расти в условиях искусственного освещения при 7...8 тыс. люкс. В нашем случае освещенность составила 19 тыс. люкс. [11] Фотопериод — 16/8 ч (день/ночь).

В конце опыта растения извлекали из сосудов, взвешивали на аналитических весах, измеряли длину надземной биомассы, подсчитывали степень всхожести. Полученные данные обрабатывали с помощью статистического пакета Microsoft Exel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Самая низкая всхожесть как на фоне чистой органики, так и при дополнительном внесении NPK была отмечена в контроле — 56% (рис. 2). В среднем по вариантам наибольшая прибавка к всхожести на обоих фонах отмечена при добавлении водного экстракта зоогумуса, самый высокий процент зафиксирован с внесением суспензии без центрифугирования и стерилизации — 94%.

Анализ морфометрии роста показал, что на фоне чистой органики наибольшие значения биомассы получены в варианте со стерилизацией без центрифугирования (рис. 3). С водной вытяжкой из зоогумуса они были немного выше, чем на щелочи. Достоверное превышение величин этих же показателей в контроле — 22,0%. При внесении NPK такого эффекта не наблюдали. Дополнительное обогащение субстрата минеральными солями приводило к стагнации и уменьшению веса побегов. Хотя растения в этих вари-

Схема опыта в фитотроне

Экстракция зоогумуса <i>Hermetia illucens</i>	Без внесения NPK	NPK	№
	вариант		
Щелочная	контроль	контроль	1
	без стерилизации, без центрифугирования	без стерилизации, без центрифугирования	2
	без стерилизации, центрифугирование	без стерилизации, центрифугирование	3
	стерилизация, без центрифугирования	стерилизация, без центрифугирования	4
	стерилизация, центрифугирование	стерилизация, центрифугирование	5
Водная	без стерилизации, без центрифугирования	без стерилизации, без центрифугирования	6
	без стерилизации, центрифугирование	без стерилизации, центрифугирование	7
	стерилизация, без центрифугирования	стерилизация, без центрифугирования	8
	стерилизация и центрифугирование	стерилизация и центрифугирование	9

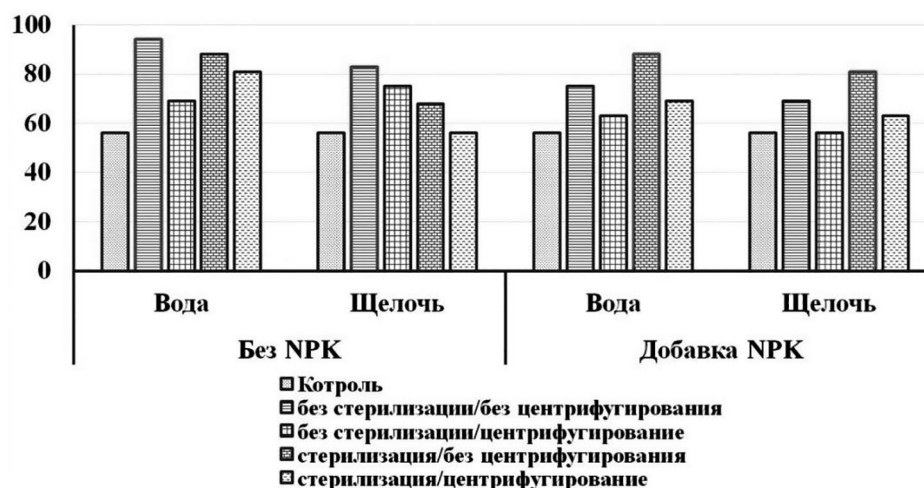


Рис. 2. Всхожесть семян сои.

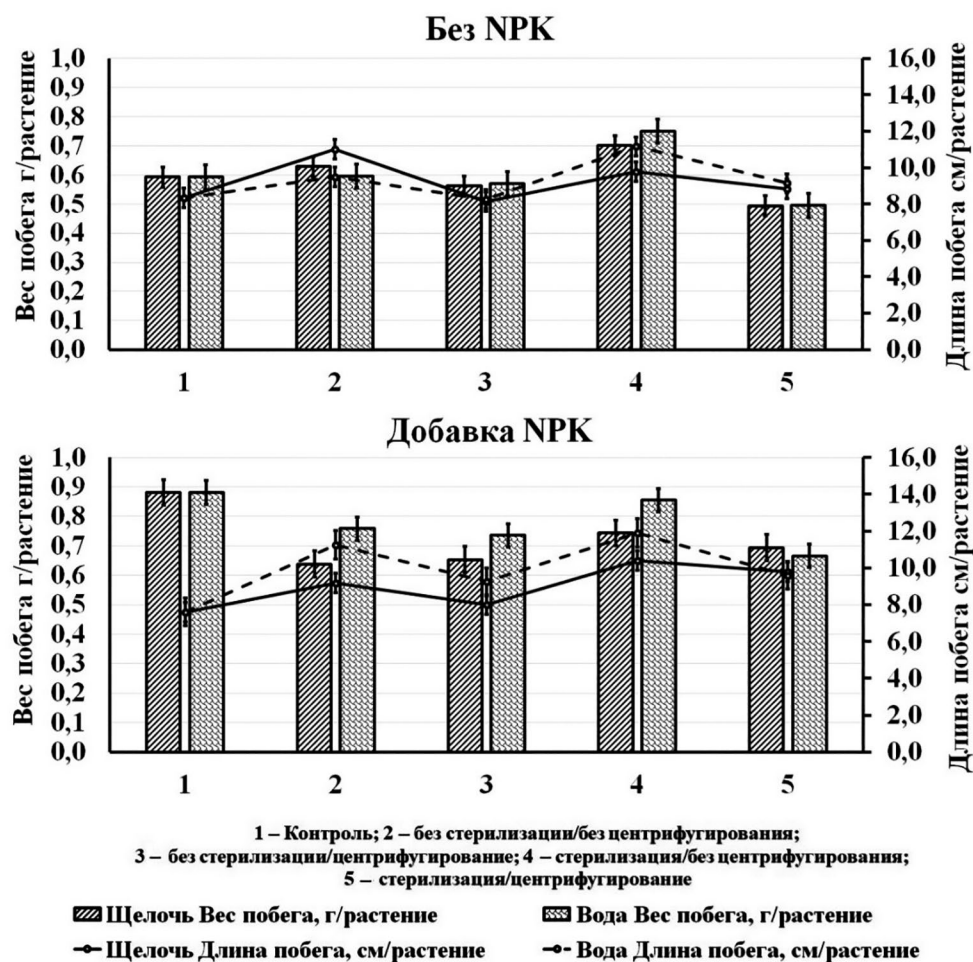


Рис. 3. Морфометрические показатели развития растений сои.

антах опережали по биомассе таковые, выращенные на чистой органике. Биомасса растений на водной вытяжке также была выше, чем на щелочи. Вероятно, из-за быстрого усвоения эссенциальных элементов минеральных удобрений происходит скачок в росте, но вместе с тем наступает ингибирование для дальнейшего развития и усвоения питательных веществ из зоогумуса. Существует мнение, что внесение хими-

ческих удобрений значительно увеличивает концентрацию N, P и K в субстрате лишь в краткосрочной перспективе. [17] В подтверждение данного факта, мы наблюдаем 50% увеличение веса побегов в контрольном варианте с чистой подкормкой минеральным раствором. Рост веса на органоминеральной среде – 20%. Невостребованные элементы перераспределяются в виде хелатных запасующих комплексов, из-за

присутствия в зоогумусе гуминовых соединений. Усвоение биофильных веществ, таким образом, продолжается на более поздние этапы жизненного цикла, когда действие минеральных удобрений закончится. С этим связан вышеописанный нами пролонгированный эффект действия органики.

Помимо биомассы, высота растений также считается важным показателем при возделывании бобовых культур на зерно, так как при ее увеличении возрастает и фотосинтетическая поверхность, что способствует повышению урожайности и числу сформированных плодов. По данному признаку мы наблюдали стабильную прибавку в величинах во всех вариантах. На органоминеральном фоне лучший рост был при внесении водной вытяжки из зоогумуса. В среднем превышение длины побегов по отношению к контролю составило 30%, на чистой органике — 14%. Наилучший результат в обоих случаях отмечен для варианта с водным экстрактом зоогумуса. Длина побегов на обоих фонах — 11,9 см, что на 45% выше показателей контроля.

Подобран оптимальный способ обогащения питательного субстрата органической добавкой в виде экстракта зоогумуса для выращивания раннеспелого сорта сои методом агрегатопоники.

Выводы. Самый высокий показатель всхожести семян сои в варианте с чистой органикой, приготовленной с помощью водной экстракции без центрифугирования и стерилизации — 94%, минимальный — 56% (контроль).

На фоне органики вариант занимал первое место и при щелочном экстрагировании. Второе место у варианта, где суспензию предварительно стерилизовали. На фоне NPK ситуация была обратной, на первое место вышел вариант со стерилизацией без центрифугирования, а также с добавкой водного экстракта зоогумуса.

Показатели растений, выращенных на органоминеральной среде, опережали варианты с чистой органикой. Водная вытяжка доминировала над щелочной, но, по сравнению с контролем на чистой минеральной среде, они уступали последнему. Вероятно, из-за наличия в зоогумусе гуминовых соединений происходило быстрое пресыщение в режиме питания и образование хелатных комплексов пролонгированного типа, которые постепенно усваиваются в дальнейшем цикле вегетации, когда действие минеральных удобрений в среде закончится.

Дополнительное внесение органики на фоне NPK положительно отразилось на увеличении высоты побегов.

Центрифугирование с последующим отбором надосадочной жидкости снижает количество ферментов и питательных соединений при ее сливе, поэтому нужно добиваться максимального растворения осадка в воде или щелочи.

Водный вариант со стерилизацией без центрифугирования из-за лучшего расщепления низкомолекулярных соединений в суспензии в дальнейшем подходит для проведения стерильных экспериментов с добавкой зоогумуса в среду *in vitro*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горюнов А.В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 11–14.
- Демиденко Г.А. Влияние экологических факторов на формирование посевных качеств сои в Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2015. № 3 (102). С. 64–68.
- Драгавцев В.А. Новая система регуляции у растений и необходимость создания селекционного фитотрона в РФ // Журнал технической физики. 2018. Т. 88. № 9. С. 1331–1335. <https://doi.org/10.21883/JTF.2018.09.46416.26-18>
- Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И., Зеленцов С.В. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения // Масличные культуры. 2016. № 2 (166). С. 3–11.
- Латушкин В.В., Зеленков В.Н., Лапин А.А. и др. Экспериментальное моделирование условий онтогенеза растений и биотехнологических методов их выращивания в закрытой экосистеме — синерготроне // Вестник РАЕН. 2021. № 21 (1). С. 46–53. <https://doi.org/10.52531/1682-1696-2021-21-1-46-53>
- Наими О.И., Безуглова О.С., Полиенко Е.А. и др. Фосфатный режим и активность фосфатазы в черноземе обыкновенном при возделывании нута // Агрохимический вестник. 2020. № 3. С. 25–29. <https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10034>
- Наумченко Е.Т., Ковшик И.Г. Влияние погодных условий и минерального питания на продуктивность сои // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 12. С. 20–25.
- Нетёсов С.В., Щинников И.А. Перспективы применения фитотронов для выращивания меристемных растений // АгроЭкоИнфо. 2023. № 2 (56). С. 1–8. <https://doi.org/10.51419/202132241>
- Пендюрин Е.А., Рыбина С.Ю., Смоленская Л.М. Использование зоокомпоста черной львинки в качестве органического удобрения // Аграрная наука. 2020. № 7-8. С. 106–110. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-106-110>
- Поверин Д.И. Синерготрон — автоматизированное устройство, предназначенное для проведения комплексных экспериментальных исследований в сфере сельскохозяйственного растениеводства // Товаровед продовольственных товаров. 2017. № 2. С. 52–60.
- Синеговская В.Т., Синеговский М.О. Выращивание растений сои методом гидропоники // Аграрная наука Северо-Востока. 2023. 24 (2). С. 194–200. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.194-200>
- Сихарулидзе Т.Д., Храмой В.К. Структура урожая и урожайность сои в зависимости от уровней минерального питания в условиях центрального Нечерноземья // Плодородие. 2012. № 3 (66). С. 9–10.
- Стекольников К.Е., Комова А.В. Фосфатазная активность чернозёма выщелоченного и режим фосфатов в стационарном опыте // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 183–188.
- Трепиз С.В., Долгих П.П., Барсуков В.А. Система автоматизированного управления фитотроном со светокультурой и гидропонной технологией // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 2. С. 143–149. <https://doi.org/10.17513/snt.39049>
- Ширяева Н.А., Береговая Ю.В., Петрова С.Н. Эффективность применения комплексных минеральных удобрений в агроценозе сои // Вестник аграрной науки. 2020. № 5 (86). С. 66–72.
- Cozzolino V., Monda H., Savy D. et al. Cooperation among phosphate-solubilizing bacteria, humic acids and arbuscular mycorrhizal fungi induces soil microbiome shifts and enhances

- plant nutrient uptake // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2021. 8. 31.
<https://doi.org/10.1186/s40538-021-00230-x>
17. El Gendy A.G., Taghred A.H., El-Sayed S.M. Effect of biofertilizers and/or urea on growth yield, essential oil and chemical compositions of *Cymbopogon citratus* plants // Journal of Applied Sciences Research. 2013. Vol. 9. P. 309–320.
 18. Jindo K., Olivares F.L., Malcher D.J.P. et al. From Lab to Field: Role of Humic Substances Under Open-Field and Greenhouse Conditions as Biostimulant and Biocontrol Agent / Frontiers in Plant Science. 2020. № 11. 426.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00426>
 19. Muter O., Limane B., Strikauska S., Klavins M. Effect of humic-rich peat extract on plant growth and microbial activity in contaminated soil // Material Science and Applied Chemistry. 2015. 32. P. 68–74.
<https://doi.org/10.1515/msac-2015-001>
 20. Yadav M., Dhyani S., Joshi P. et al. Formic acid, an organic acid food preservative, induces viable-but-non-culturable state, and triggers new Antimicrobial Resistance traits in *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae* // Frontiers in Microbiology. 2022. 13. 966207.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.966207>
 9. Pendyurin E.A., Rybina S.Yu., Smolenskaya L.M. Ispol'zovanie zookomposta chernoj l'vinki v kachestve organicheskogo udobreniya // Agrarnaya nauka. 2020. № 7-8. С. 106–110.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-106-110>
 10. Poverin D.I. Sinergotron – avtomatizirovannoe ustrojstvo, prednaznachennoe dlya provedeniya kompleksnykh eksperimental'nykh issledovanij v sfere sel'skohozyajstvennogo rastenievodstva // Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov. 2017. № 2. S. 52–60.
 11. Sinegovskaya V.T., Sinegovskij M.O. Vyrashchivanie rastenij soi metodom gidroponiki // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2023. 24 (2). S. 194–200.
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.194-200>
 12. Siharulidze T.D., Hramoj V.K. Struktura urozhaya i urozha-jnost' soi v zavisimosti ot urovnej mineral'nogo pitaniya v usloviyah central'nogo Nechernozem'ya // Plodorodie. 2012. № 3 (66). S. 9–10.
 13. Stekol'nikov K.E., Komova A.V. Fosfataznaya aktivnost' chernozyoma vyshchelochennogo i rezhim fosfatov v stacionarnom opyte // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 3 (65). S. 183–188.
 14. Trepuz S.V., Dolgih P.P., Barsukov V.A. Sistema avtomatizirovannogo upravleniya fitotronom so svetokul'turoj i gidroponnoj tekhnologiej // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2022. № 2. S. 143–149.
<https://doi.org/10.17513/snt.39049>
 15. Shiryayeva N.A., Beregovaya Yu.V., Petrova S.N. Effektivnost' primeneniya kompleksnykh mineral'nykh udobrenij v agrocoenoze soi // Vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 5 (86). S. 66–72.
 16. Cozzolino V., Monda H., Savy D. et al. Cooperation among phosphate-solubilizing bacteria, humic acids and arbuscular mycorrhizal fungi induces soil microbiome shifts and enhances plant nutrient uptake // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2021. 8. 31.
<https://doi.org/10.1186/s40538-021-00230-x>
 17. El Gendy A.G., Taghred A.H., El-Sayed S.M. Effect of biofertilizers and/or urea on growth yield, essential oil and chemical compositions of *Cymbopogon citratus* plants // Journal of Applied Sciences Research. 2013. Vol. 9. P. 309–320.
 18. Jindo K., Olivares F.L., Malcher D.J.P. et al. From Lab to Field: Role of Humic Substances Under Open-Field and Greenhouse Conditions as Biostimulant and Biocontrol Agent / Frontiers in Plant Science. 2020. № 11. 426.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00426>
 19. Muter O., Limane B., Strikauska S., Klavins M. Effect of humic-rich peat extract on plant growth and microbial activity in contaminated soil // Material Science and Applied Chemistry. 2015. 32. P. 68–74.
<https://doi.org/10.1515/msac-2015-001>
 20. Yadav M., Dhyani S., Joshi P. et al. Formic acid, an organic acid food preservative, induces viable-but-non-culturable state, and triggers new Antimicrobial Resistance traits in *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae* // Frontiers in Microbiology. 2022. 13. 966207.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.966207>

REFERENCES

1. Bezuglova O.S., Polienko E.A., Gorovcov A.V. Guminovye preparaty kak stimulyatory rosta rastenij i mikroorganizmov (obzor) // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4 (60). S. 11–14.
2. Demidenko G.A. Vliyaniye ekologicheskikh faktorov na formirovaniye posevnykh kachestv soi v Krasnoyarskoj lesostepi // Vestnik KrasGAU. 2015. № 3 (102). S. 64–68.
3. Dragavcev V.A. Novaya sistema regulyacii u rastenij i neobhodimost' sozdaniya selekcionnogo fitotrona v RF // Zhurnal tekhnicheskoy fiziki. 2018. T. 88. № 9. S. 1331–1335.
<https://doi.org/10.21883/JTF.2018.09.46416.26-18>
4. Zajcev N.I., Bocharëv N.I., Zelencov S.V. Perspektivy i napravleniya selekcii soi v Rossii v usloviyah realizacii nacional'noj strategii importozameshcheniya // Maslichnye kul'tury. 2016. № 2 (166). S. 3–11.
5. Latushkin V.V., Zelenkov V.N., Lapin A.A. idr. Eksperimental'noe modelirovaniye uslovij ontogeneza rastenij i biotekhnologicheskikh metodov ih vyrashchivaniya v zakrytoj ekosisteme – sinergotrone // Vestnik RAEN. 2021. №. 21 (1). S. 46–53.
<https://doi.org/10.52531/1682-1696-2021-21-1-46-53>
6. Naimi O.I., Bezuglova O.S., Polienko E.A. i dr. Fosfatnyj rezhim i aktivnost' fosfatazy v chernozeme obyknovennom pri vozdeyvanii nuta // Agrohimičeskij vestnik. 2020. № 3. S. 25–29.
<https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10034>
7. Naumchenko E.T., Kovshik I.G. Vliyaniye pogodnykh uslovij i mineral'nogo pitaniya na produktivnost' soi // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 12. S. 20–25.
8. Netyosov S.V., Shchinnikov I.A. Perspektivy primeneniya fitotronov dlya vyrashchivaniya meristemnykh rastenij // AgroEkoInfo. 2023. № 2 (56). S. 1–8.
<https://doi.org/10.51419/202132241>

Поступила в редакцию 03.08.2024
 Принята к публикации 17.08.2024

ВЫБОР ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ БИОМАССЫ ЛЬНА (*LINUM USITATISSIMUM LINACEAE*), ВЫРАЩЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ ПОВОЛЖЬЯ

Сергей Николаевич Сергеев¹, доктор биологических наук
 Константин Александрович Тараскин¹, доктор химических наук
 Екатерина Константиновна Барнашова², кандидат сельскохозяйственных наук
 Елена Александровна Вертикова², доктор сельскохозяйственных наук
 Михаил Иванович Будник³, кандидат биологических наук
 Ольга Тарасовна Касаикина⁴, доктор химических наук
 Дмитрий Сергеевич Орлов¹, кандидат химических наук
 Людмила Магомедовна Апашева⁴, кандидат биологических наук
 Виктор Валентинович Ведутенко⁴, кандидат химических наук
 Дмитрий Александрович Круговов⁴, кандидат химических наук
 Роман Анатольевич Ростовцев⁵, доктор технических наук
 Игорь Валентинович Ушаповский⁵, кандидат биологических наук
 Наталья Викторовна Пролетова⁵, кандидат биологических наук

¹Научно-исследовательский институт прикладной акустики, Московская обл., г. Дубна, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

³Российская академия ракетных и артиллерийских наук, г. Москва, Россия

⁴ФИЦ химической физики имени Н.Н. Семенова Российской академии наук, г. Москва, Россия

⁵ФНЦ лубяных культур, г. Тверь, Россия

E-mail: ziraf@mail.ru

Аннотация. Проведена экспериментальная оценка перспектив разработки целлюлозосодержащего материала с использованием соломки льна-долгунца. Результаты исследований показали возможность применения для извлечения целлюлозы водных растворов, содержащих пероксид водорода, гидроксид и бисульфит натрия при высокотемпературном воздействии в течение 2 ч, с получением технической целлюлозы, пригодной в производстве картона и упаковочных материалов. Чтобы очистить техническую целлюлозу с целью создания образцов, пригодных для выпуска нитрата целлюлозы для нужд пороховой промышленности, дополнительно обрабатывали раствором пероксида водорода и уксусной кислоты в аналогичных условиях, что позволило извлечь целевой продукт с высокой степенью содержания основного вещества, при незначительном количестве сопутствующих примесей. Представленные результаты помогли решить вопросы экологической безопасности в организации процесса добычания целлюлозы на базе возобновляемого растительного сырья с использованием химических реагентов, не содержащих соединения серы.

Ключевые слова: целлюлоза, лен, пероксид водорода, экологическая безопасность

CHOICE OF AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHOD OF PRODUCING CELLULOSE FROM FLAX BIOMASS (*LINUM USITATISSIMUM LINACEAE*) GROWN IN DIFFERENT REGIONS OF THE VOLGA REGION

S.N. Sergeev¹, *Grand PhD in Biological Sciences*
 K.A. Taraskin¹, *Grand PhD in Chemical Sciences*
 E.K. Barnashova², *PhD in Agricultural Sciences*
 E.A. Vertikova², *Grand PhD in Agricultural Sciences*
 M.I. Budnik³, *PhD in Biological Sciences*
 O.T. Kasaikina⁴, *Grand PhD in Chemical Sciences*
 D.S. Orlov¹, *PhD in Chemical Sciences*
 L.M. Apasheva⁴, *PhD in Biological Sciences*
 V.V. Vedutenko⁴, *PhD in Chemical Sciences*
 D.A. Krugovov⁴, *PhD in Chemical Sciences*
 R.A. Rostovtsev⁵, *Grand PhD in Engineering Sciences*
 I.V. Ushchapovsky⁵, *PhD in Biological Sciences*
 N.V. Proletova⁵, *PhD in Biological Sciences*

¹Research institute of applied acoustics, Dubna, Moscow region, Russia

²The Russian state agricultural university — MSHA of K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

³Russian academy of rocket and artillery sciences, Moscow, Russia

⁴N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Moscow, 119991, Russia.

⁵Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

E-mail: ziraf@mail.ru

Abstract. The experimental assessment of prospects of receiving cellulose material on the basis of use of vegetable raw materials — straw of a flax-dolgunetc is carried out. Results of researches showed a possibility of application for extraction of cellulose of the water solutions containing hydrogen peroxide, hydroxide and sodium bisulfite in the conditions of high-temperature influence within 2 hours with receiving the technical cellulose suitable for production of cardboard and packaging materials. For purification of technical cellulose, it was carried out additional processing by solution of hydrogen peroxide and acetic acid in similar parametrical conditions that allowed to receive a target product with high

extent of maintenance of the main substance, at insignificant amount of the accompanying impurity. The presented results show a possibility of the solution of questions of environmental safety at the organization of process of receiving cellulose on the basis of renewable vegetable raw materials with use of the chemical reagents which are not containing compounds of sulfur.

Keywords: cellulose, linen, hydrogen peroxide, environmental safety

Продукция целлюлозно-бумажной промышленности востребована в самых различных областях производства, бытового потребления, а также для решения стратегических задач. [10] Целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК) представляют серьезную экологическую опасность. Проблема усугубляется тем, что большинство их расположено в Европейской части РФ, вблизи крупных водоемов и местах с высокой плотностью населения. Как правило, это крупные предприятия, созданные в прошлом столетии, работающие по устаревшим технологиям и имеющие изношенное оборудование. На них образуется большое количество отходов, и, как правило, нет достаточных технических возможностей для достижения нужной степени очистки токсичных жидких сбросов и выбросов в атмосферу.

Основной вид экологической нагрузки на природные объекты, возникающие в результате деятельности ЦБК, — образование технических сточных вод. Наивысший фактор риска вносит работа с опасными химическими веществами, что может привести к неблагоприятным последствиям для природной среды. [16] Самые распространенные среди промышленных способов переработки целлюлозосодержащего сырья — сульфатный и сульфитный методы. Наиболее перспективны методы получения целлюлозы с применением окислительных реагентов (кислородно-содовый или кислородно-щелочной). В этом случае исключаются серосодержащие реагенты, приносящие наибольшую опасность загрязнения стоков. [12]

Существенный экологический ущерб может быть нанесен при использовании на стадии отбелки целлюлозы хлорсодержащих реагентов (хлор, диоксид хлора, гипохлорит кальция и другое), представляющих сложную проблему при решении задачи очистки от хлоридов производственных сточных вод. [15] Органические циклические соединения, участвующие в процессе деревопереработки, вступая во взаимодействие с активными хлоратами, способны образовывать полициклические хлорированные токсифоры — структурные аналоги диоксинов, чрезвычайно опасных загрязнителей экосистем. [1, 5] Отказ в процессе отбеливания целлюлозы от хлорсодержащих реагентов позволяет создать замкнутый цикл водопользования в целлюлозно-производстве.

Для решения экологических проблем целлюлозной промышленности целесообразно применять комплексный подход, включающий технологические мероприятия и меры по защите объектов окружающей среды. [2] В настоящем исследовании предлагаем брать для извлечения целлюлозы биомассу, полученную при выращивании однолетнего травянистого растения (лен). Сырье на его основе содержит до 30% волокнистых материалов и минимальное количество органических соединений циклического характера. Урожай льна можно получать ежегодно, а для выращивания полноценной древесины — альтернативного источника выделения целлюлозы, требуется не менее 20 лет.

Основная задача при добыче целлюлозы из растительного сырья — удаление лигнина и сопутству-

ющих примесей. Растительное сырье может быть успешно делигнифицировано пероксидом водорода в среде уксусной кислоты и воды без катализаторов. [8] При подходящем выборе технологических режимов варки получать продукт возможно с характеристиками микрокристаллической целлюлозы, что открывает перспективу создания промышленной экологически приемлемой и ресурсосберегающей технологии целлюлозных материалов различного назначения.

Цель работы — оценить перспективы получения целлюлозы из льна-долгунца, с применением наиболее приемлемых экологических способов переработки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании применяли реактивы производства Merck, Aldrich, Fluka. Деионизированную воду, предназначенную для растворов, готовили в лабораторных условиях по требованиям ГОСТ P52501-2005, растворы для обработки биоматериала — смешиванием компонентов непосредственно перед опытом.

Биоматериал измельчали с помощью лабораторной мельницы A10 basis, IKA (Германия). При расфасовке биоматериала использовали комплект сит С 20/50, соответствующий требованиям ГОСТ 6613-86 (ООО «Вибротехник», г. Санкт-Петербург).

В эксперименте брали сырье, полученное на основе биомассы льна-долгунца обыкновенного (*Linum usitatissimum linaceae*), возделываемого в различных регионах Поволжья: на опытных участках Федерального аграрного научного центра Юго-Востока, г. Саратов и на посевных площадях в районе Сельского поселения (с/п) Домкино, Конаковского района Тверской области. Посевы размещали рендомизированно, повторность — трехкратная, площадь — 1 м² по 6 рядков. Способ сева — узкорядный с междурядьями 7,5 см. Глубина заделки семян — 4...5 см. Сорта льна-долгунца современной селекции: *Цезарь* и *Универсал*. [7] Семенной материал подвергали предпосевной обработке по общепринятой методике. [3] Высевали сорта в 2023 году: г. Саратов — I декада мая, Тверская область — II декада мая.

Агротехнические мероприятия при выращивании льна-долгунца проводили по специально разработанным методикам, адаптированным к региональным условиям. [14] Убирали лен-долгунец на волокно по стандартной технологии в фазе ранней желтой спелости, которая наступает примерно через 30 сут. после массового цветения, когда основное количество семенных коробочек (65...70%) пожелтело. [11]

Биоматериал, полученный после сбора льна-долгунца перерабатывали вручную: удаляли листья, коробочки, остатки корневой системы. Стебли измельчали до фрагментов длиной не более 3 см, размещали на решетчатые поддоны и сушили в специальных шкафах в потоке воздуха при температуре 45...50°C. Материал считали высушенным при достижении показателей остаточной влажности не более 5,5%, далее

дробили механическим способом на лабораторной мельнице.

Экспериментальные исследования по оценке высокотемпературного воздействия различных водных растворов, содержащих активные химические реагенты, на биоматериал производили на лабораторной установке из стекла, состоящей из термостатируемого реактора, обеспеченного перемешивающим устройством, обратным холодильником и приспособлением для пробоотбора. В соответствии с рекомендациями [4], процесс осуществляли при температуре $95,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$ в течение 2 ч. После обработки биоматериала растворитель удаляли на фарфоровом фильтре под воздействием вакуума, а остаток промывали деионизированной водой до полного осветления отходящего раствора. Твердый остаток сушили в термошкафе, температура — $55...60^\circ\text{C}$. Полученный биоматериал размалывали до образования порошкообразной консистенции.

Экспериментальные данные полевых и лабораторных исследований обрабатывали стандартными методами с помощью прикладных компьютерных программ «Agros» 2.09.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в условиях Тверской области увеличивается продолжительность вегетационного периода у сортов льна-долгунца, но статистически достоверных различий по урожайности биомассы не обнаружено (табл. 1).

Опытные данные, собранные в полевых условиях и результаты их статистической обработки представлены в таблицах 2, 3.

Установлено, что оптимальный период культивации льна-долгунца до получения растений необходимой кондиции зрелости, более длительный для Тверской области, существенных различий урожайности по выходу биомассы растений не было.

Для анализа целлюлозы использовали высушенные стебли льна-долгунца. На первом этапе исследований оценили высокотемпературное воздействие водных растворов активных реагентов (пероксид водорода, гидроксид и бисульфит натрия) на структуру поверхности соломы. Результаты обработки при температуре $95,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$ в течение 2 ч представлены на рисунке 1 (2-я стр. обл.).

Для интенсификации процесса воздействия растворов активных реагентов на биоматериал измельчили солому льна. Гранулометрический состав биоматериала, полученного в результате размола льняной соломы, представлен на рисунке 2 (2-я стр. обл.). Показатели фракций установлены по весовому составу в результате разделения на ситах. В дальнейшем экспериментах задействовали состав, полученный при двадцатиминутном размоле, после отделения последней фракции, размеры частиц превышали 7,4 мм.

Результаты анализа на содержание компонентов в измельченной соломе льна представлены в таблице 4. [6]

Учитывая идентичность биоматериала из различных регионов Поволжья, было принято решение о возможности использования в дальнейших опытах смесового состава, включающего каждый их разновидностей льняного растительного сырья в соотношении 50:50 % масс. Перерабатывали биоматериал для выде-

Таблица 1.
Условия проведения полевых опытов и результаты, полученные при выращивании льна-долгунца в различных регионах Поволжья

Регион выращивания	Сорт	Высев	Период вегетации, дн.	Средняя урожайность по биомассе соломы, кг/м ²
Саратов, АЦ Ю-В	Цезарь	3 мая	65	2,85
	Универсал	4 мая	61	2,71
Тверская область, с/п Домкино	Цезарь	15 мая	72	2,94
	Универсал	12 мая	74	2,70

Таблица 2.
Результаты полевых опытов по замерам высоты стебля растений льна-долгунца

Сорт	Результаты замеров высоты стебля, см			Средне-арифметическое значение
	первая повторность	вторая повторность	третья повторность	
Цезарь	71,00	69,00	70,00	70,00
Универсал	67,00	64,00	65,00	65,33
Цезарь	68,00	70,00	68,00	68,67
Универсал	73,00	73,00	70,00	72,00
F*	13,046*			
НСР	2,685			

Таблица 3.
Результаты полевых опытов по определению биомассы льна-долгунца

Сорт	Вес биомассы, ц/га			Средне-арифметическое значение
	первая повторность	вторая повторность	третья повторность	
Цезарь	285,00	280,00	282,00	282,33
Универсал	271,00	269,00	272,00	270,67
Цезарь	290,00	294,00	294,00	292,67
Универсал	270,00	266,00	260,00	265,33
F*	38,851*			
НСР	6,784			

Таблица 4.
Содержание компонентов в высушенном биоматериале

Регион выращивания	Содержание компонентов в соломе льна, % масс.			
	целлюлоза	лигнин	влага	прочие примеси
Саратов, АЦ Ю-В	55,4	20,1	5,1	19,4
Тверская обл., с/п Домкино	53,1	20,4	5,4	21,1
Смесовой состав	54,2	20,2	5,2	20,3

Таблица 5.
Результаты воздействия водных растворов химических агентов на первой ступени обработки биоматериала

Содержание компонентов, % масс.							
раствор				твердые образцы			
гидроксид натрия	бисульфит натрия	пероксид водорода	вода	целлюлоза	лигнин	влага	прочие примеси
10,0	—	—	90,0	72,8	12,5	5,5	9,2
15,0	—	—	85,0	73,2	11,9	4,4	10,5
—	10,0	—	90,0	80,1	5,6	4,8	9,5
—	15,0	—	85,0	79,8	5,4	5,2	9,6
10,0	—	10,0	80,0	77,4	7,8	5,0	9,8

ления целлюлозы при высокой температуре водными растворами различных химических реагентов (табл. 5).

Получены образцы технической целлюлозы, которая может быть использована для изготовления картона и упаковочных материалов. Для добычи очищенной целлюлозы, пригодной для выпуска бумаги высокого качества и ряда других товаров, целесообразно применять дополнительные методы переработки, включающие воздействие активных кислородсодержащих соединений. [9] В результате переработки льняного сырья были образцы с примерно одинаковым компонентным составом. Учитывая целесообразность исключения по экологическим рекомендациям серосодержащих реагентов, на второй ступени переработки биоматериала использовали состав после первой ступени методом перекисно-щелочного воздействия. [13]

В раствор второй ступени переработки льняного биоматериала включены компоненты, % масс.: пероксид водорода — 10,0; уксусная кислота — 12,5; вода — 77,5.

Все параметрические характеристики второй ступени переработки биоматериала были идентичными показателям первой. Получен образец, содержащий компоненты, % масс.: целлюлоза — 84,2; лигнин — 3,6; влага — 5,4; прочие примеси — 6,8.

Таким образом, двухступенчатая обработка льняного биоматериала, проведенная с применением экологически приемлемых ингредиентов, обеспечивает получение образцов, имеющих в составе высокое содержание целлюлозы и незначительное количество сопутствующих примесей. Также образцы могут быть рекомендованы в качестве сырья для пороховой промышленности.

Выводы. Переработка растительного сырья в целлюлозосодержащие продукты — технология, представляющая экологические риски. Решение этой проблемы может заключаться в реализации комплексного подхода, включающего выбор сырья, реагентов, способов и условий переработки материалов. Наше исследование направлено на оценку возможности применения наиболее приемлемых вариантов получения целлюлозы, включающих использование ежегодно возобновляемого растительного сырья на основе льна-долгунца, и предусматривает химические ингредиенты, не содержащие соединения серы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барнашова Е.К., Тараскин К.А. и др. Выбор метода контроля динамики накопления экотоксикантов в объектах окружающей среды // Доклады АВН. № 4 (33). 2008. С. 37–39.
2. Белопухов С.Л. Экологические аспекты агротехники льна-долгунца // Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: Сб. статей, посвященный 75-летию Факультета почвоведения, агрохимии и экологии. М.: Российский гос. аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, 2004. С. 313–326.
3. Будник М.И., Сергеев С.Н. и др. Новый научно-методический подход к экологической обработке семян льна, повышающей всхожесть и предотвращающей слипание посевного материала // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2023. Т. 8. № 3. С. 347–352.
4. Крупин В.И., Демьяновская Н.В., Кудряшов В.Н. Солома — сырье для бумажной промышленности // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2010. № 3. С. 50–51.

5. Майстренко В.Н., Ключев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004. 323 с.
6. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. 320 с.
7. Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. и др. Хозяйственная ценность новых сортов льна-долгунца // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: Сб. научных трудов. — Тверь: Тверской государственный университет, 2018. С. 18–20.
8. Пен Р.З., Шапиро И.Л. и др. Пероксидная целлюлоза из стеблей пшеницы и конопли // Химия растительного сырья. 2023. № 4. С. 415–422.
9. Пен Р.З., Шапиро И.Л., Каретникова Н.В. Пероксидная целлюлоза из пшеничной соломы // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 299–305.
10. Понажев В.П., Янышина О.В. Научные разработки — важнейший ресурс для производства продукции льна и конопли стратегического назначения // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: Сб. научных трудов. Тверь: Тверской государственный университет, 2018. С. 132–136.
11. Соколов Л.Е., Конопатов Е.А. Агротехника и первичная переработка льна: Лабораторный практикум. Витебск: Витебский государственный технологический университет. 2006. 141 с.
12. Тараскин К.А., Козырева А.В. и др. Каталитическая очистка сточных вод производства композиционных материалов от примесей сераорганических соединений. Ч. 1 // Водоочистка. 2022. №3. С. 16–23.
13. Тараскин К.А., Козырева, А.В. Орлов Д.С. и др. Экспериментальная отработка технологии каталитической очистки производственных сточных вод, содержащих сераорганические соединения // Водоочистка. 2022. № 4. С. 18–27.
14. Чекмарев П.А., Поздняков Б.А. и др. Зональноадаптивные технологии производства льна-долгунца. М., ФГБНУ «Росин-формагротех», 2011. 184 с.
15. Швецов А.Б., Козырева А.В. и др. Хлорные дезинфектанты и их применение в современной водоподготовке // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011. № 4 (40). С. 32–40.
16. Экологический мониторинг. Под. ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект. 2006. 416 с.

REFERENCES

1. Barnashova E.K., Taraskin K.A. i dr. Vybora metoda kontrolya dinamiki nakopleniya ekotoksikantov v ob"ektakh okruzhayushchej sredy // Doklady AVN. № 4 (33). 2008. S. 37–39.
2. Belopuhov S.L. Ekologicheskie aspekty agrotekhniki l'na-dolgunca // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, agrohimii i ekologii: Sb. statej, posvyashchennyj 75-letiyu Fakul'teta pochvovedeniya, agrohimii i ekologii. M: Rossijskij gos. agrarnyj universitet — MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2004. S. 313–326.
3. Budnik M.I., Sergeev S.N. i dr. Novyj nauchno-metodicheskij podhod k ekologicheskoj obrabotke semyan l'na, povyshayushchej vskhozhest' i predotvrashchayushchej slipanie posevnogo materiala // Aktual'nye voprosy biologicheskoy fiziki i himii. 2023. T. 8. № 3. S. 347–352.
4. Krupin V.I., Dem'yanovskaya N.V., Kudryashov V.N. Soloma — syr'e dlya bumazhnoj promyshlennosti // Cellyuloza. Bumaga. Karton. 2010. № 3. С. 50–51.
5. Majstrenko V.N., Klyuev N.A. Ekologo-analiticheskij monitoring stojkih organicheskikh zagryaznitelej. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy. 2004. 323 s.

6. Obolenskaya A.V., El'nickaya Z.P., Leonovich A.A. Laboratornye raboty po himii drevesiny i cellyulozy. M.: Ekologiya, 1991. 320 s.
7. Pavlova L.N., Rozhmina T.A. i dr. Hozyajstvennaya cennost' novykh sortov l'na-dolgunca // Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: Sb. nauchnykh trudov. — Tver': Tverskoj gosudarstvennyj universitet, 2018. S. 18–20.
8. Pen R.Z., Shapiro I.L. i dr. Peroksidnaya cellyuloza iz steblej pshenicy i konopli // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2023. № 4. S. 415–422.
9. Pen R.Z., Shapiro I.L., Karetnikova N.V. Peroksidnaya cellyuloza iz pshenichnoj solomy // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2022. № 2. S. 299–305.
10. Ponazhev V.P., Yanyshina O.V. Nauchnye razrabotki — vazhnejshij resurs dlya proizvodstva produkci l'na i konopli strategicheskogo naznacheniya // Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: Sb. nauchnykh trudov. Tver': Tverskoj gosudarstvennyj universitet, 2018. S. 132–136.
11. Sokolov L.E., Konopatov E.A. Agrotehnika i pervichnaya pererabotka l'na: Laboratornyj praktikum. Vitebsk: Vitebskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet. 2006. 141 s.
12. Taraskin K.A., Kozyreva A.V. i dr. Kataliticheskaya oчитка stochnykh vod proizvodstva kompozicionnykh materialov ot primesej seraorganicheskikh soedinenij. Ch. 1 // Vodoochistka. 2022. №3. S. 16–23.
13. Taraskin K.A., Kozyreva, A.V. Orlov D.S. i dr. Eksperimental'naya otrabotka tekhnologii kataliticheskoy oчитki proizvodstvennykh stochnykh vod, soderzhashchih seraorganicheskie soedineniya // Vodoochistka. 2022. № 4. S. 18–27.
14. Chekmarev P.A., Pozdnyakov B.A. i dr. Zonal'noadaptivnye tekhnologii proizvodstva l'na-dolgunca. M., FGBNU «Rosinformagrotekh», 2011. 184 s.
15. Shvecov A.B., Kozyreva A.V. i dr. Hlornye dezinfektanty i ih primenenie v sovremennoj vodopodgotovke // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2011. № 4(40). S. 32–40.
16. Ekologicheskij monitoring. Pod. red. T.Ya. Ashihmino. M.: Akademicheskij proekt. 2006. 416 s.

Поступила в редакцию 16.04.2024

Принята к публикации 30.05.2024

УДК 635.21:631.527

DOI: 10.31857/S2500208224050061, EDN: ztjkip

ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА СОРТООБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Ирина Вячеславовна Ким, доктор сельскохозяйственных наук

Алексей Григорьевич Клыков, академик РАН

Дмитрий Игоревич Волков

ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки», п. Тимирязевский, г. Уссурийск, Приморский край, Россия
E-mail: kimira-80@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения продуктивности генотипов картофеля различного происхождения в зависимости от влагообеспеченности почвы, в том числе гидротермического коэффициента (ГТК). Отмечено, что у среднеспелых сортов она максимальная — 710 г/куст. Сильное переувлажнение почвы (ГТК = 2,5 и более) во время вегетации, особенно в фазе клубнеобразования, негативно влияет на формирование продуктивности. Высокие результаты по данному показателю получены в относительно благоприятные по погодным условиям годы — 2019, 2021, 2022 (индекс условий среды (I) варьировал в пределах 201,63–221,35), когда средняя продуктивность всех образцов составила 950 г/куст. В 2015–2018, 2020 и 2023 годах были очень низкие показатели — 420–670 г/куст из-за высокой переувлажненности почвы (I = -99,52 – -269,81). Выделены генотипы, которые в совокупности с повышенной продуктивностью (более 900 г/куст), имели высокую отзывчивость на изменение условий среды и стабильность (средние показатели $bi = 1,49$, $S^2 \cdot 10^3 = 0,42$): раннеспелые — Антонина, Бастион, Колымский, Крепыш, Матушка, Метеор, Памяти Кулакова, Удача, Vitesse, Red Lady, Red Scarlett; среднеранние — Арктика, Бриз, Зоя, Камчатка, Лилея, Чародей, Gala; среднеспелые — Очарование, Утро, Фаворит; среднепоздние и поздние — Казачок, Победа. Выделены сортобразцы с высокими показателями продуктивности (1040–1480 г/куст), товарности (83,2–92,8%), пластичности ($bi = 1,20–1,85$), стабильности ($S^2 d = 0,15–5,77$), гомеостатичности ($Hom = 9,51–40,62$) и селекционной ценности ($Sc = 532,79–852,14$) в условиях юга Дальнего Востока: раннеспелые — Бастион, Колымский, Крепыш, Памяти Кулакова; среднеранние — Арктика, Зоя; среднеспелые — Аляска; среднепоздние и поздние — Ветразь, Победа.

Ключевые слова: Дальний Восток, картофель, сорт, продуктивность, адаптивные свойства

PRODUCTIVITY AND ADAPTIVE PROPERTIES OF DIFFERENT ORIGIN POTATO VARIETIES IN THE RUSSIA'S FAR EAST SOUTH

I.V. Kim, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

A.G. Klykov, *Academician of the RAS*

D.I. Volkov

FSBSI "FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki",

Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Krai, Russia

E-mail: kimira-80@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of a study on the productivity of potato genotypes of different origin depending on the water availability in soil, including the hydrothermal coefficient of Selyaninov (HTC). The group of mid-season varieties was noted to have the highest productivity

(710 g/plant). Waterlogging occurred during the growing period of plants ($HTC \geq 2.5$), especially at the stage of tuber formation, negatively affecting productivity. High productivity was observed in the years with relatively favorable weather conditions (2019, 2021, and 2022) when the index of environmental conditions (I) was positive and ranged within $+201.63 - +221.35$. The average productivity of all the specimens was 950 g/plant. Very low productivity (420–670 g/plant) was observed in 2015–2018, 2020, and 2023 due to waterlogging ($I = -99.52 - -269.81$). Among the studied specimens, we identified the following varieties that were characterized by not only high productivity (above 900 g/plant) but also high responsiveness to changes in the environmental conditions and stability (average $bi = 1.49$; $S^2d \cdot 10^3 = 0.42$): early-maturing varieties – Antonina, Bastion, Kolymskii, Krepys, Matushka, Meteor, Pamyati Kulakova, Udacha, Vitesse, Red Lady, and Red Scarlett; medium-early varieties – Arktika, Briz, Zoya, Kamchatka, Lileya, Charodei, and Gala; mid-season varieties – Ocharovanie, Utro, and Favorit; medium-late and late varieties – Kazachok and Pobeda. The research allowed us to identify potato specimens with high productivity (1040–1480 g/plant), marketability (83.2–92.8%), plasticity ($bi = 1.20 - 1.85$), stability ($S^2d = 0.15 - 5.77$), homeostasis ($Hom = 9.51 - 40.62$) and breeding value ($Sc = 532.79 - 852.14$) under the conditions of the south of the Russian Far East: early maturing varieties – Bastion, Kolymskii, Krepys, and Pamyati Kulakova; medium-early varieties – Arktika and Zoya; mid-season variety Alyaska; medium-late and late varieties – Vetriz' and Pobeda.

Keywords: Far East, potato, variety, productivity, adaptability

Муссонный климат на юге Дальнего Востока (Приморский край) затрудняет ведение картофелеводства. Обильные дожди – причина наводнений, которые могут повторяться за лето несколько раз. Переувлажнение почвы с июня по сентябрь приводит к резкому ухудшению условий произрастания растений, происходит вымокание и полная гибель посадок, а также затрудняется и замедляется процесс уборочных работ. [15] Поэтому нужны сорта нового поколения, адаптированные к переувлажнению почвы и резким температурным перепадам. [5]

Основные направления селекции картофеля в работе научно-исследовательских учреждений РФ – создание высокопродуктивных, скороспелых сортов с привлекательной формой клубня, обладающих хорошими биохимическими показателями, в том числе для диетического питания, устойчивых к основным фитопатогенам и вредителям, с широкой агроэкологической адаптацией и лежкостью клубней. [1, 3, 7, 17]

При испытании исходного и гибридного материалов, в первую очередь, обращают внимание на продуктивность, позволяющую судить о хозяйственной ценности того или иного образца. Продуктивность – полигенный признак, который контролируется многими доминантными и рецессивными генами. [6] Важный компонент продуктивности картофеля – количество клубней в одном гнезде, которое генетически детерминировано числом стеблей растения (один из ведущих факторов в структуре урожая). [4] Фенотипическая изменчивость основных элементов продуктивности (число стеблей на одном растении, число клубней на одном стебле и масса одного стандартного клубня) определяется генотипическими различиями. Варьирование остальных признаков – числа и массы клубней в одном гнезде, устанавливается, в большой степени, взаимодействием генотипа с факторами внешней среды. [12] При длительном сознательном отборе, а позже гибридизации созданы культурные сорта картофеля с потенциально высокой продуктивностью. Многочисленные исследования, выполненные в различных странах мира по изучению полевого потомства сортов и межсортных гибридов, позволили найти значительные различия между сортами по способности передавать потомству высокую продуктивность. Это связано со сложным взаимодействием многих генов скрещиваемых компонентов. Не каждый высокоурожайный сорт может быть источником хорошей продуктивности при гибридизации. Установлено специфическое взаимодействие факто-

ров контроля проявления показателя в зависимости от компонентов скрещивания. [11]

Цель работы – изучить продуктивность генотипов картофеля различного происхождения в зависимости от влагообеспеченности почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – сортообразцы картофеля (426 генотипа) отечественной и зарубежной селекции. Исследования проводили в 2013–2023 годах согласно методическим рекомендациям ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» и ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха». [8, 9]

Наблюдения за погодными условиями во время вегетации растений картофеля анализировали на основании данных агрометеорологической станции Тимирязевский, Приморский УГМС (Уссурийский район, Приморский край) с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Г.Т. Селянинова.

Полевые опыты располагались в селекционно-семеноводческом севообороте отдела картофелеводства, расположенном в с. Пуцилровка Уссурийского района, в долине реки Казачка. Почва – аллювиальная легкоуглинистая, содержание органического вещества – 2,1...2,9% (ГОСТ 26213-91), легкогидролизуемого азота – 7,0...7,7 мг/100 г почвы (ГОСТ 26483-85), P_2O_5 – 18,1...19,1 (ГОСТ 26213-91), K_2O – 10,2...11,8 мг/100 г почвы (ГОСТ 54650-2011), $pH_{\text{сол}}$ – 5,4...5,8 (ГОСТ 26212-91).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У генотипов картофеля различных групп спелости средний показатель массы клубней с одного растения варьировал от 590 до 710 г/куст (табл. 1).

Таблица 1.
Продуктивность сортов картофеля различных групп спелости, 2013–2023 годы

Группа спелости	Количество сортообразцов, шт.	Продуктивность, г/куст		V, %
		Lim	$x + Sx$	
Раннеспелая	73	110...1150	590±12,2	14,9
Среднеранняя	98	100...1320	600±14,0	15,0
Среднеспелая	153	165...2350	710±16,2	16,3
Среднепоздняя	77	120...1630	680±15,1	14,9
Поздняя	25	130...1450	605±14,5	10,3

Среднеспелые сорта отличались максимальной продуктивностью — 710 г/куст, раннеспелые и среднеранние наименьшей — 590 и 600 г/куст соответственно. Изменчивость признака была высокой — 10,3...16,3%. Образцы среднепозднего срока созревания имели среднюю массу клубней с одного растения (680 г/куст), но при этом высокий коэффициент вариации (14,9%). Поздняя группа образцов выделялась низкой вариативностью признака ($V = 10,3\%$) и средней продуктивностью — 605 г/куст.

Средняя продуктивность по коллекции сортов картофеля — 685,5 г/куст, она менялась по годам от 420 до 980 г/куст, коэффициент вариации — 19,5...42,8%, что указывает на высокую изменчивость признака (табл. 2).

В благоприятные по погодным условиям годы (2019, 2021, 2022) средняя продуктивность всех образцов составила 950 г/куст, наибольшая (более 980 г/куст) отмечена в 2021 году, во время засухливого периода. Это объясняется тем, что растения успели образовать основную массу клубней в первые месяцы роста и развития картофеля, последующая засуха в июле и августе не отразилась на их урожайности в целом. В 2015–2018, 2020 и 2023 годах из-за высокой переувлажненности почвы были очень низкие показатели — 420...670 г/куст.

Реализация потенциальных возможностей генотипов в конкретных условиях зависит от положительного или отрицательного состояния индекса условий среды (I). Его положительное значение формируется благодаря более полной реализации потенциальных возможностей генотипов в данных условиях, и наоборот, очень высокие отрицательные индексы считаются следствием низкого адаптационного потенциала изучаемых сортов. [15] Индекс условий среды по годам изменялся от –269,81 до 221,35 по признаку продуктивности. В 2019, 2021 и 2022 годах он имел положительные значения — 201,63...221,35. Отмечена высокая средняя продуктивность. Коэффициент вариации данного признака характеризовался значениями выше средних (19,5...42,8%), что указывает на достаточную изменчивость показателей за годы исследований.

Таблица 2.
Изменчивость продуктивности сортов картофеля
коллекционного питомника, 2013–2023 годы

Год	Продуктивность, г/куст		I*	S**	V, %
	Lim...Opt	$\bar{x} \pm Sx$			
2013	270...1220	$720 \pm 10,8$	–117,65	189,3	21,4
2014	160...1190	$760 \pm 15,7$	–99,52	206,8	31,5
2015	195...1240	$620 \pm 16,1$	–102,47	198,1	28,7
2016	210...1250	$670 \pm 15,2$	–209,24	187,1	33,6
2017	345...1470	$540 \pm 26,5$	–254,21	238,8	28,6
2018	110...1260	$510 \pm 9,5$	–269,81	247,2	24,5
2019	290...2110	$920 \pm 18,9$	+202,36	247,1	19,5
2020	120...1260	$450 \pm 8,6$	–248,61	107,2	24,1
2021	320...2135	$980 \pm 19,9$	+221,35	224,9	42,8
2022	310...2140	$950 \pm 15,2$	+201,63	109,6	35,4
2023	50...1120	$420 \pm 16,4$	–189,6	147,3	26,8

Примечание. * — индекс условий среды, ** — среднее квадратичное отклонение.

В результате анализа уровня ГТК выявлена связь между влагообеспеченностью и продуктивностью за вегетацию картофеля (см. рисунок). В годы, когда было сильное переувлажнение почвы ($ГТК > 2,5$) из-за тайфунов и циклонов при активном клубненакоплении (июль–сентябрь), наблюдали снижение продуктивности по причине удущья растений и их гибели (2013–2018, 2020 и 2023 годы).

Среди сортов минимальный показатель продуктивности составил 120 г/куст, максимальный — 2250 г/куст. Отмечена группа генотипов (14,2%), которая отличалась продуктивностью выше 900 г/куст. У основной массы сортообразцов она была от 300 до 900 г/куст (75,1% общего количества).

Главное требование к сортам всех типов — пластичность, то есть способность сорта давать выровненные и стабильные урожаи в различных почвенно-климатических условиях, сохраняя постоянство основных качественных признаков. [2, 19]

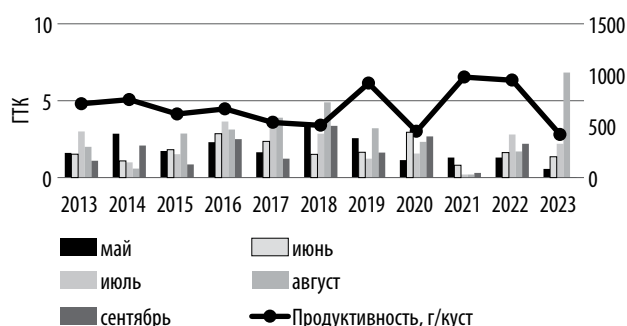
Новые сорта, выведенные в конкретных почвенно-климатических условиях, лучше адаптированы к особенностям региона возделывания и в большей степени отвечают требованиям производителей и потребителей по основным параметрам. [13]

В результате анализа коллекционного питомника по продуктивности (900 г/куст и более) выделены 25 сортообразцов раннеспелого срока созревания, 24 — среднераннего, 20 — среднеспелого, 12 — среднепозднего и позднего. Среди стандартных сортов за годы исследований по продуктивности отличился раннеспелый сорт *Жуковский ранний* — 1020 г/куст и среднеспелый *Дачный* — 1200 г/куст, что составило 124,2 и 139,2% средней продуктивности по коллекции соответственно (табл. 3).

Товарность контрольных сортов варьировала от 69,4 до 93,3%, показатель массы товарного клубня — 90...190 г. В раннеспелой группе наибольшей продуктивностью с одного куста отличились сорта: *Бастин* (1100 г/куст), *Колымский* (1480), *Королева Анна* (1150), *Крепыш* (1220), *Памяти Кулакова* (1040), *Удача* (1060 г/куст).

В группе среднеранних все сорта имели продуктивность выше, чем у стандартных. Исключение — *Рождественский*, который был на уровне по этому показателю с высокоурожайным *Sante* — 900 и 905 г/куст соответственно. Среди среднеспелых сорт *Златка* набрал максимальную продуктивность с одного растения — 1460 г/куст, на 260 г выше, чем у стандарта *Дачный*.

Генотипы из группы позднего срока созревания превысили стандарты (*Синева*, *Филатовский*, *Янтарь*), продуктивность была в пределах 925...1445 г/куст.



Гидротермический коэффициент и продуктивность картофеля, 2013–2023 годы.

Таблица 3.

Высокопродуктивные сорта картофеля разных групп спелости, 2013–2023 годы

Сортообразец	Происхождение	Масса клубней		Товарность, %	Масса товарного клубня, г	
		с куста, г	% средней продуктивности по коллекции		Lim	x
		x				
Раннеспелые						
Жуковский ранний, st	Россия	1020	124,6	93,3	70...200	190
Бастион		1100	135,1	90,0	30...200	150
Колымский		1480	165,7	88,0	70...200	140
Крепыш		1220	147,8	92,8	55...210	175
Памяти Кулакова		1040	130,1	83,2	50...205	175
Удача		1060	132,4	84,7	60...230	165
Королева Анна	Германия	1150	139,7	78,2	50...210	170
Laperla		1360	156,2	89,2	70...250	210
НСР ₀₅		11,0		5,9		4,0
Среднеранние						
Sante, st	Нидерланды	905	128,4	79,3	50...110	100
Арктика	Россия	1115	128,7	86,0	70...180	155
Зоя		1400	147,5	90,6	60...180	140
Камчатка		1010	126,2	67,8	45...175	135
Патриот		1300	138,7	80,5	50...180	120
Сударыня		1250	134,1	86,8	60...200	170
Лилея	Республика Беларусь	1220	138,7	94,8	70...230	205
Belmonda	Германия	1050	134,1	92,7	40...180	150
7For7	Нидерланды	1230	146,2	83,7	60...240	175
НСР ₀₅		21,0		6,0		15,0
Среднеспелые						
Дачный, st	Россия	1200	139,2	90,3	45...210	165
Алим		1180	148,4	85,0	50...195	160
Аляска		1020	134,2	89,2	70...210	180
Златка		1460	158,6	81,9	80...200	170
Славянка		1050	137,1	85,9	60...200	170
Ibis	Нидерланды	1075	134,7	82,7	40...180	145
НСР ₀₅		19,0		5,2		9,0
Среднепоздние и поздние						
Янтарь, st	Россия	900	123,2	88,9	50...150	120
Казачок		980	125,4	87,2	70...210	170
Мусинский		1170	130,2	90,0	55...200	155
Победа		1160	131,2	90,7	80...220	180
Ветразь	Республика Беларусь	1005	129,8	90,3	60...150	125
Рагнеда		1445	145,8	76,2	70...150	110
НСР ₀₅		17,0		5,5		12,0

Из этой группы стоит отметить белорусский сорт *Рагнеда* с продуктивностью к концу вегетации — 1455 г/куст.

Среди высокопродуктивных сортов выделены генотипы, способные формировать 1000 г/куст и более: раннеспелые (*Бастион*, *Колымский*, *Королева Анна*, *Крепыш*, *Памяти Кулакова*, *Удача*, *Bellarosa*, *Laperla*, *Red Lady*); среднеранние (*Арктика*, *Зоя*, *Камчатка*, *Лилея*, *Патриот*, *Сударыня*, *7For7*); среднеспелые (*Алим*, *Аляска*, *Златка*, *Славянка*, *Ibis*); среднеспелые и позднеспелые (*Ветразь*, *Мусинский*, *Победа*, *Рагнеда*). Все они включены в скрещивания для получения высокопродуктивных форм.

Сорта обычно соответствуют тем условиям, в которых они создавались. [10] Но известно немало случаев, когда сорта выходят далеко за пределы ареала, для которого они были выведены. Например, сорта картофеля *Невский* и *Метеор* допущены к использованию во всех регионах Российской Федерации.

Широкие географические испытания селекционного материала показывают его неодинаковую экологическую пластичность: одни образцы дают более

стабильные урожаи, другие сильно реагируют на изменение условий окружающей среды.

Таким образом, оценка сортов и гибридов по экологической пластичности представляет интерес для теоретических исследований и практической селекции. Районирование сортов и гибридов с высокой стабильностью урожаев в различных экологических условиях имеет большое народнохозяйственное значение. Возникает необходимость применять математические методы с оценкой стабильности по коэффициенту регрессии (b_i) и среднему квадратическому отклонению (варианса стабильности S^2_d) от линии регрессии. Первый показывает отзывчивость сорта на изменение условий — чем выше его величина, тем сильнее реагирует продуктивность сорта при смене среды произрастания. Второй характеризует степень отклонения продуктивности сорта за конкретный год от средней продуктивности за годы испытания. Чем меньше числовое значение показателя, тем стабильнее сорт. При характеристике учитывают оба параметра. [18, 20]

Коэффициент регрессии может принимать значения больше, меньше или равные 1. По модели расчета Эберхарта – Рассела, наиболее ценные (высокоинтенсивные) те сорта, у которых $b_i > 1$, а дисперсия (S^2d) стремится к нулю. Они отзывчивы на улучшение условий и характеризуются стабильной урожайностью. Сорта с высокими показателями b_i и S^2d менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью признака. Те генотипы, у которых $b_i < 1$ и близкий к нулю S^2d , слабо реагируют на улучшение внешних условий (полуинтенсивные), но в то же время у них достаточно высокая стабильность признака. Год с максимальным проявлением изучаемого признака и самым высоким уровнем индекса среды (I) был принят за оптимальный (Opt), с минимальным проявлением и наименьшим значением индекса среды – лимитированный (Lim). [20]

В среднем из представленных сортов, варьирование признака пластичности по продуктивности (b_i) зафиксировано в пределах 0,30...2,51, а вариация стабильности (S^2d) изменялась от 0,15 до 99,88. Коэффициент вариации высокий – 14,7...45,8%, что указывает на большую изменчивость признака (табл. 4).

У 62,9% образцов была большая отзывчивость на изменение условий, коэффициент регрессии – 1,14...2,51. Такие сорта требовательны к высокому уров-

ню агротехники. Небольшая группа сортов (29,6%) отреагировала слабее на изменение условий среды, чем в среднем все изучаемые сорта ($b_i = 0,30...0,98$). Их лучше использовать на экстенсивном фоне, где они максимально реализуют свой потенциал при минимальных затратах. Остальная часть сортообразцов (7,5%) имела полное соответствие изменения урожайности сорта к перемене условий выращивания ($b_i = 1,00...1,08$).

Анализ геноресурсов картофеля позволил выделить образцы, которые отличаются высокими адаптивными свойствами по продуктивности. Среди стандартных образцов сорт *Жуковский ранний* обладал высокой пластичностью ($b_i = 1,45$) и стабильностью ($S^2d \cdot 10^3 = 0,52$). Сорта *ПРИ-12*, *Невский*, *Дачный*, *Sante* и *Янтарь* оказались пластичными с повышенной отзывчивостью на смену условий ($b_i = 1,38, 1,26, 1,23, 1,33, 1,47$ соответственно), но при этом нестабильностью по продуктивности ($S^2d \cdot 10^3 = 13,11, 17,36, 7,95, 17,09, 8,66$ соответственно). *Филатовский*, по сравнению с остальными стандартами, имел более стабильную продуктивность ($S^2d \cdot 10^3 = 1,69$) в сочетании с пластичностью ($b_i = 1,24$). Но из-за низкой продуктивности (760 г/куст) неинтересен для селекции и выращивания. У сорта *Синева* среди стандартов был самый высокий показатель стабильности ($S^2d \cdot 10^3 = 0,41$), но из-за низкой продуктив-

Таблица 4.

Адаптивные свойства высокопродуктивных сортов картофеля, 2013–2023 годы

Сорт	Продуктивность, г/куст	b _i	S ² d·10 ³	S	V, %	Hom	Sc
	Lim...Opt						
Раннеспелые							
Жуковский ранний, st	490...1380	1,45	0,52	123,95	18,4	15,87	796,32
Бастيون	250...1320	1,47	0,23	178,54	24,7	19,54	689,52
Колымский	560...2100	1,52	0,40	221,32	34,7	19,58	752,14
Крепыш	450...1870	1,84	0,36	196,21	28,7	18,77	675,21
Памяти Кулакова	550...1280	1,21	0,50	189,62	19,7	19,74	814,25
Удача	500...1490	1,14	0,30	205,12	17,4	21,42	785,62
Королева Анна	320...1870	1,01	35,85	247,96	29,5	5,24	107,52
Laperla	520...2000	0,74	39,65	206,54	29,7	31,45	758,64
среднеранние							
Sante, st	585...1220	1,33	17,09	259,53	28,7	4,96	433,36
Арктика	800...1450	1,85	0,42	206,85	20,1	20,36	852,14
Зоя	830...2400	1,36	0,15	103,68	34,7	19,85	795,34
Камчатка	560...1560	1,22	0,23	236,84	23,4	18,11	745,28
Патриот	750...2100	1,47	20,46	199,74	26,4	19,65	653,28
Сударыня	520...1800	0,71	69,32	233,66	45,6	2,84	103,25
Лилея	700...1560	1,45	0,45	226,74	25,5	21,88	803,41
Belmonda	310...1470	0,32	55,62	209,41	33,1	3,57	100,41
7For7	700...1640	1,21	7,36	201,36	22,4	4,96	698,52
среднеспелые							
Дачный, st	840...1520	1,23	7,95	226,40	23,7	21,95	785,32
Алим	530...1500	1,28	9,57	195,41	21,6	19,65	700,01
Аляска	750...1590	1,36	7,85	226,54	35,5	20,32	665,42
Златка	560...2000	0,35	60,35	203,74	25,7	2,47	102,35
Славянка	250...1500	0,38	40,25	258,48	36,4	5,28	150,14
Ibis	220...1410	0,65	39,57	99,54	32,5	5,74	109,21
среднепоздние и поздние							
Янтарь, st	515...1150	1,47	8,66	272,47	30,7	4,57	398,01
Казачок	820...1500	1,33	0,36	106,34	15,4	20,01	804,25
Мусинский	520...1300	0,58	55,36	226,57	26,4	5,41	122,40
Победа	700...1300	1,20	1,00	204,51	25,4	9,51	200,01
Ветразь	650...1400	1,36	6,35	199,84	44,7	19,74	557,66
Рагнеда	560...2230	1,47	8,79	269,51	25,7	20,11	784,51

ности (660 г/куст) и пониженной отзывчивости на изменение условий ($b_i = 0,50$) ценность его снижалась.

Выделены сорта, которые в совокупности с повышенной продуктивностью (более 900 г/куст), имели высокую отзывчивость на изменение условий среды и стабильность: раннеспелые — *Антонина* ($b_i = 1,48$ и $S^2d \cdot 10^3 = 0,32$), *Бастин* (1,47 и 0,23), *Колымский* (1,52 и 0,40), *Крепыш* (1,84 и 0,36), *Матушка* (1,42 и 0,50), *Метеор* (1,47 и 0,35), *Памяти Кулакова* (1,21 и 0,50), *Удача* (1,14 и 0,30), *Vitesse* (1,46 и 0,25), *Red Lady* (1,23 и 0,50), *Red Scarlett* (1,47 и 0,45); среднеранние — *Арктика* (1,85 и 0,42), *Бриз* (1,26 и 0,53), *Зоя* (1,36 и 0,15), *Камчатка* (1,22 и 0,23), *Лилея* (1,45 и 0,45), *Чародей* (1,21 и 0,63), *Gala* (1,45 и 0,70); среднеспелые — *Очарование* (1,33 и 0,52), *Утро* (1,47 и 0,55), *Фаворит* (1,52 и 0,44); среднепоздние и поздние — *Казачок* (1,33 и 0,36), *Победа* (1,20 и 1,00).

Сортообразцы, которые характеризовались повышенной пластичностью по продуктивности ($b_i = 1,20 \dots 2,51$), но нестабильностью ($S^2d \cdot 10^3 = 5,37 \dots 53,38$): раннеспелые — *Огниво*, *Quarta*; среднеранние — *Патриот*, *Рождественский*, *Ranka*, *Secura*, *Bobr*, *7For7*; среднеспелые — *Алим*, *Аляска*, *Лучезарный*, *Надежда*, *Planta*, *Ricarda*, *Kondor*; среднепоздние и поздние — *Ветразь*, *Рагнеда*, *Mozart*, *Babbet*, *Wigro*.

Сорта *Королева Анна*, *Фрителла*, *Latona*, *Fauna*, *Fregata* имели полное соответствие изменения урожайности к перемене условий выращивания ($b_i = 1,00 \dots 1,08$), но при этом были нестабильными по этому показателю, достаточно высокое значение $S^2d \cdot 10^3 = 7,26 \dots 35,85$. Сортообразец *Impala* характеризовался стабильностью ($S^2d \cdot 10^3 = 0,35$) и имел коэффициент регрессии равным 1,03, что говорит о его высоких адаптивных свойствах. Сорта *Лена* и *Танай* среди выделенных сортов обладали самой высокой стабильностью ($S^2d \cdot 10^3 = 99,54$ и $99,88$), но слабой отзывчивостью на смену условий ($b_i = 0,74$ и $0,33$).

Остальные сортообразцы, несмотря на повышенную продуктивность (900 г/куст и более), были непластичными ($b_i = 0,30 \dots 0,98$) и нестабильными ($S^2d \cdot 10^3 = 5,50 \dots 85,47$).

В.В. Хангильдин считает, что оценка сортов с помощью регрессионной модели Эберхарта и Рассела не дает полной и объективной характеристики сравниваемых генотипам, поскольку участвуют три параметра: коэффициент регрессии, среднее квадратическое отклонение и показатель признака. [13] Использование понятия общей гомеостатичности сорта (Ном) позволяет оценивать генотипы сортов по одному показателю. По мнению автора, лимитирующий фактор урожайности — не потенциальная продуктивность, а именно устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды (гомеостатичность), и при недостаточном увлажнении именно низкий гомеостаз ведет к снижению биологической продуктивности растений. Если пластичность сорта отражает изменчивость признака и свойств в соответствии со сменой внешних условий произрастания, то гомеостаз ограничивает ее в той мере, в какой это необходимо для поддержания постоянства функций организма.

Варьирование показателей гомеостатичности и селекционной ценности по продуктивности: Ном = $2,23 \dots 28,74$; Sc = $99,69 \dots 855,61$. Зафиксировано 28,4% сортов с низкой селекционной ценностью (300 и менее), 18,5% — со средней (Sc = $301 \dots 500$), 53,1% — высокой (Sc > 500).

Среди стандартных образцов по адаптивным свойствам по признаку продуктивности установлены различия. Продуктивность — $100 \dots 840$ г/куст. Сортам *Жуковский ранний*, *Дачный* и *Синева* свойственна высокая гомеостатичность (Ном = 15,87, 21,95, 26,89) и селекционная ценность (Sc = 796,32, 785,32, 503,50). Сорта *ПРИ-12*, *Невский*, *Sante*, *Филатовский*, *Янтарь* обладали средней гомеостатичностью (3,79...5,70) и селекционной ценностью (338,21...451,52). У стандартов *Юбиляр* и *Adretta* были низкие показатели селекционной ценности (259,71 и 206,77).

В результате изучения сортообразцов по адаптивным свойствам выделены те, которые отличились высокой гомеостатичностью и селекционной ценностью по продуктивности. Анализ лимитирующей продуктивности показал, что наибольший показатель (600...830 г/куст) по данному признаку был у групп сортов: раннеспелые — *Quarta*; среднеранние — *Арктика*, *Зоя*, *Патриот*, *Рождественский*, *Лилея*, *Fauna*, *Ranka*, *Secura*, *7For7*; среднеспелые — *Аляска*, *Голубизна*, *Сказка*, *Утро*, *Фаворит*, *Latona*; среднепоздние и поздние — *Казачок*, *Победа*, *Ветразь*, *Babett*, *Fregata*. Изменение продуктивности от лимитирующей до оптимальной — $100 \dots 2400$ г/куст.

По гомеостатичности и селекционной ценности выделены образцы, которые имели высокий показатель Ном (14,16...31,45) и Sc (560,83...855,61): раннеспелые: *Антонина*, *Бастин*, *Колымский*, *Крепыш*, *Метеор*, *Памяти Кулакова*, *Удача*, *Vitesse*, *Laperla*, *Vineta*; среднеранние — *Арктика*, *Зоя*, *Камчатка*, *Патриот*, *Рождественский*, *Чародей*, *Бриз*, *Лилея*, *Fauna*, *Gala*, *Romano*, *Secura*; среднеспелые — *Алим*, *Аляска*, *Лучезарный*, *Надежда*, *Сказка*, *Очарование*, *Утро*, *Фаворит*, *Фрителла*, *Ricarda*; среднепоздние и поздние — *Казачок*, *Ветразь*, *Рагнеда*, *Mozart*.

Выводы. В результате исследований выделены сортообразцы с высокими показателями продуктивности (1040...1480 г/куст) в совокупности с товарностью (83,2...92,8%), пластичностью (1,20...1,85), стабильностью (0,15...5,77), гомеостатичностью (9,51...40,62) и селекционной ценностью (532,79...852,14) в условиях юга Дальнего Востока: раннеспелые (*Бастин*, *Колымский*, *Крепыш*, *Памяти Кулакова*); среднеранние (*Арктика*, *Зоя*); среднеспелые (*Аляска*); среднепоздние и поздние (*Ветразь*, *Победа*).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жевора С.В., Анисимов Б.В., Симаков Е.А. и др. Картофель: проблемы и перспективы // Картофель и овощи. 2019. № 7. С. 2–7.
<https://doi.org/10.25630/PAV.2019.89.92.006>.
2. Жученко А.А. Эколого-генетические принципы мобилизации мировых генетических ресурсов высших растений // Образование, наука и производство. 2014. № 2. С. 9–17.
3. Зейрук В.Н., Мальцев С.В., Васильева С.В., Бызов В.А. Современные производственные факторы, определяющие биологическую и экономическую эффективность хранения картофеля // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 3. С. 20–26.
<https://doi.org/10.36107/spfp.2019.177>.
4. Киру С.Д., Рогозина Е.В. Мобилизация, сохранение и изучение генетических ресурсов культивируемого и дикорастущего картофеля // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 1. С. 7–15.
<https://doi.org/10.18699/VJ17.219>.

5. Киселев Е.П. Создание сортов картофеля для энергосберегающей ширококормной технологии возделывания картофеля на Дальнем Востоке // Дальневост. аграр. вестн. 2018. № 3 (47). С. 25–36.
<https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-13054>.
6. Лебедева В.А., Гаджиев Н.М., Иванов А.В. Продолжительность периода покоя клубней некоторых сортов картофеля и их гибридов в условиях Ленинградской области // Труды КубГАУ. 2020. № 85. С. 121–124.
7. Логинов Ю.П., Казак А.А. Формирование надземной массы и урожайности клубней в зависимости от содержания крахмала в семенных клубнях среднеспелых сортов картофеля // Пермский аграр. вестн. 2018. № 4 (24). С. 72–76.
8. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / сост. С.Д. Киру, Л.И. Костина, Э.В. Трускинов и др. СПб., 2010. 30 с.
9. Методическое положение (руководство) по оценке продуктивности и столовых качеств картофеля (кулинарный тип) / ФГБНУ ВНИИХХ; А.Э. Шабанов, Б.В. Анисимов, А.И. Киселев и др. М., 2017. 20 с.
10. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.
11. Подгаецкий А.А., Кравченко Н.В., Собран И.В. Средняя масса клубней потомства от беккросирования сложных межвидовых гибридов картофеля в первом клубневом поколении // Картофелеводство: мат. науч.-практич. конф. «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства», 9–10 июля 2018 г. ВНИИХХ. М., 2018. С. 71–78.
12. Тимошкин О.А., Тимошкина О.Ю. Многолетние травы для создания газонов в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 12–15.
<https://doi.org/10.25685/KRM.2023.47.76.001>.
13. Хангильдин, В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений / АН СССР, Науч. совет по проблемам генетики и селекции, Сиб. отд-ние [и др.]. М.: Наука, 1978. С. 111–115.
14. Чайка А.К., Клыков А.Г. Приоритетные направления в развитии агропромышленного комплекса Дальнего Востока России // Вестн. ДВО РАН. 2016. № 2. С. 24–30.
15. Чирко Е.М. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов проса (*Panicum Miliaceum*) в условиях юго-западного региона республики // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2009. № 3. С. 49–54.
16. Шанина Е.П., Ключкина Е.М. Изучение исходного материала картофеля в условиях Среднего Урала // Агропродовольственная политика России. 2018. № 1 (73). С. 31–34.
17. Шанина Е.П., Ключкина Е.М., Стафеева М.А. Сравнительный анализ сортов картофеля коллекционного питомника в зависимости от географического происхождения // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 30. № 6. С. 75–78. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10614>.
18. Юрьева Н.О., Воронкова Е.В., Терешонок Д.В. и др. Введение в асептическую культуру дигамплоидов картофеля с использованием адвентивных побегов и химиотерапии // Защита картофеля. 2017. № 2. С. 2–27.
19. Яшина И.М. Значение сорта в современных технологиях производства картофеля / Мат. науч.-практ. конф. «Картофель-2010». «Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля». Чебоксары, 2010. С. 41–44.
20. Eberhart S.A. Yield stability of single-cross genotypes // Proc. of the 24th Annual Corn and Sorghum Industry Research Conf., Chicago, IL, 9–11. Dec. / J.I. Sutherland, R.J. Falasca (Eds.). Chicago, 1969. P. 22–35.

REFERENCES

1. Zhevora S.V., Anisimov B.V., Simakov E.A. i dr. Kartofel': problemy i perspektivy // Kartofel' i ovoshchi. 2019. № 7. S. 2–7. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.89.92.006>.
2. Zhuchenko A.A. Ekologo-geneticheskie principy mobilizatsii mirovykh geneticheskikh resursov vysshikh rastenij // Obrazovanie, nauka i proizvodstvo. 2014. № 2. S. 9–17.
3. Zejruk V.N., Mal'cev S.V., Vasil'eva S.V., Byzov V.A. Sovremennye proizvodstvennye faktory, opredelyayushchie biologicheskuyu i ekonomicheskuyu effektivnost' hraneniya kartofelya // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2019. № 3. S. 20–26. <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.177>.
4. Kiru S.D., Rogozina E.V. Mobilizatsiya, sohraneniye i izucheniye geneticheskikh resursov kul'tiviruemogo i dikorastushchego kartofelya // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21. № 1. S. 7–15. <https://doi.org/10.18699/VJ17.219>.
5. Kiselev E.P. Sozdanie sortov kartofelya dlya energosberegayushchej shirokoryadnoj tekhnologii vozdelvaniya kartofelya na Dal'nem Vostoke // Dal'nevost. agrar. vestn. 2018. № 3 (47). S. 25–36.
<https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-13054>.
6. Lebedeva V.A., Gadzhiev N.M., Ivanov A.V. Prodolzhitel'nost' perioda pokoya klubnej nekotorykh sortov kartofelya i ih gibridov v usloviyah Leningradskoj oblasti // Trudy KubGAU. 2020. № 85. S. 121–124.
7. Loginov Yu.P., Kazak A.A. Formirovanie nadzemnoj massy i urozhajnosti klubnej v zavisimosti ot soderzhaniya krahmala v semennykh klubnykh srednespelykh sortov kartofelya // Permskij agrar. vestn. 2018. № 4 (24). S. 72–76.
8. Metodicheskie ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoj kolekcii kartofelya / sost. S.D. Kiru, L.I. Kostina, E.V. Truskinov i dr. SPb., 2010. 30 s.
9. Metodicheskoe polozhenie (rukovodstvo) po ocenke produktivnosti i stolovykh kachestv kartofelya (kulinarnyj tip) / FG-BNU VNIKH; A.E. Shabanov, B.V. Anisimov, A.I. Kiselev i dr. M., 2017. 20 s.
10. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Povysheniye effektivnosti otbora yarovoj pshenicy na stabil'nost' urozhajnosti i kachestvo zerna // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1985. № 1. S. 66–73.
11. Podgaekij A.A., Kravchenko N.V., Sobran I.V. Srednyaya massa klubnej potomstva ot bekkrosirovaniya slozhnykh mezhyidovykh gibridov kartofelya v pervom klubnevom pokolenii // Kartofelevodstvo : mat. nauch.-praktich. konf. «Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya selekcii i semenovodstva», 9–10 iyulya 2018 g. VNIKH. M., 2018. S. 71–78.
12. Timoshkin O.A., Timoshkina O.Yu. Mnogoletnie travy dlya sozdaniya gazonov v usloviyah lesostepi Srednego Povolzh'ya. Kormoproizvodstvo. 2023. № 1. S. 12–15.
<https://doi.org/10.25685/KRM.2023.47.76.001>.
13. Hangil'din, V.V. O principah modelirovaniya sortov intensivnogo tipa // Genetika kolichestvennykh priznakov sel'skohozyajstvennykh rastenij / AN SSSR, Nauch. sovet po problemam genetiki i selekcii, Sib. otd-nie [i dr.]. M.: Nauka, 1978. S. 111–115.
14. Chajka A.K., Klykov A.G. Prioritetnye napravleniya v razvitii agropromyshlennogo kompleksa Dal'nego Vostoka Rossii // Vestn. DVO RAN. 2016. № 2. S. 24–30.
15. Chirko E.M. Sravnitel'naya ocenka zernovoy produktivnosti i adaptivnosti sortov prosa (*Panicum Miliaceum*) v usloviyah yu-

- go-zapadnogo regiona respubliki // Vesci nacyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryya agarnykh navuk. 2009. № 3. S. 49–54.
16. Shanina E.P., Klyukina E.M. Izuchenie iskhodnogo materiala kartofelya v usloviyakh Srednego Urala // Agroproduktivnaya politika Rossii. 2018. № 1 (73). S. 31–34.
 17. Shanina E.P., Klyukina E.M., Stafeeva M.A. Sravnitel'nyy analiz sortov kartofelya kollekcionnogo pitomnika v zavisimosti ot geograficheskogo proiskhozhdeniya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 30. № 6. S. 75–78.
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10614>.
 18. Yur'eva N.O., Voronkova E.V., Tereshonok D.V. i dr. Vvedenie v asepticheskuyu kul'turu digaploidov kartofelya s ispol'zovaniem adventivnykh pobegov i himioterapii // Zashchita kartofelya. 2017. № 2. S. 23–27.
 19. Yashina I.M. Znacheniye sorta v sovremennykh tekhnologiyakh proizvodstva kartofelya / Mat. nauch.-prakt. konf. "Kartofel'-2010". "Aktual'nye problemy sovremennoy industrii proizvodstva kartofelya". Cheboksary, 2010. S. 41–44.
 20. Eberhart S.A. Yield stability of single-cross genotypes // Proc. of the 24th Annual Corn and Sorghum Industry Research Conf., Chicago, IL, 9–11. Dec. / J.I. Sutherland, R.J. Falasca (Eds.). Chicago, 1969. P. 22–35.

Поступила в редакцию 07.05.2024

Принята к публикации 21.05.2024

УДК 633.491: 631.526.32

DOI: 10.31857/S2500208224050072, EDN: ztjbcc

ВЛИЯНИЕ УЛУЧШАЮЩИХ ОТБОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В ПИТОМНИКАХ ОРИГИНАЛЬНОГО СЕМЕНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ*

Любовь Павловна Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Лариса Анатольевна Кузнецова, кандидат сельскохозяйственных наук

Елена Валентиновна Николаева, кандидат сельскохозяйственных наук

Лаборатория агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований Карельского научного центра Российской академии наук, п. Новая Вилга, Республика Карелия, Россия

E-mail: levstratova@yandex.ru

Аннотация. В семеноводстве картофеля отборы способствуют сохранению сортовой типичности, увеличению урожайности и улучшению качества семенного материала. Цель работы — оценить результативность проведения улучшающих отборов в первом полевом поколении картофеля в условиях вариабельности метеорологических факторов за вегетацию растений. В процессе воспроизводства культуры отражены урожайные показатели супер-суперэлиты трех сортов ранней группы спелости (Латона, Импа, Ред Скарлетт) при отборах в первом полевом поколении. С привлечением кластерного и пошагового дискриминантного анализов у каждого из вышеуказанных сортов были выделены по три группы продуктивности вегетативных потомств: I — максимальная, II — средняя, III — минимальная. В эксперименте их использовали в качестве опытных вариантов относительно контроля (потомство без отбора). На фоне отсутствия достоверных отклонений количества и массы клубней в вариантах опыта от соответствующих контролей выявлена тенденция увеличения продуктивности растений супер-суперэлиты при улучшающих отборах в первом полевом поколении изученных ранних сортов.

Ключевые слова: оригинальное семеноводство, улучшающий отбор, продуктивность картофеля

INFLUENCE OF IMPROVING SELECTIONS ON POTATO PRODUCTIVITY IN ORIGINAL SEED NURSERIES IN KARELIA CONDITIONS

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

L.A. Kuznetsova, *PhD in Agricultural Sciences*

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

Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Novaya Vilga village, Republic of Karelia, Russia

E-mail: levstratova@yandex.ru

Abstract. In potato seed production, selections contribute to maintaining varietal typicality, increasing yields and improving the quality of seed material. The purpose of this work is to evaluate the effectiveness of improving selections in the first field generation of potatoes under conditions of variability of meteorological factors during the growing season of plants. In the process of crop reproduction, the yield indicators of the super-super elite of three varieties of the early ripeness group (Latona, Impala, Red Scarlett) are reflected during the selection in the first field generation. Using cluster and step-by-step discriminant analyses, three groups of productivity of vegetative offspring were identified for each of the above varieties: I — maximum, II — average, III — minimum. In the experiment, they were used as experimental options for control — offspring without selection. Against the background of the absence of reliable deviations in the number and weight of tubers in the experimental variants from the corresponding controls, a tendency to increase production was revealed.

Keywords: original seed production, improving selection, potato productivity

* Работа выполнена в рамках Государственного задания научной темы FMEN-2022-0013 Per. No НИОКР 122031000202-1 / The work was carried out within the framework of the State assignment of the scientific topic FMEN-2022-0013 R&D Reg. No. 122031000202-1.

Эффективность производства картофеля во многом основывается на использовании высококачественного посадочного материала. При его воспроизводстве происходит постепенное снижение хозяйственно-биологических характеристик из-за накопления в посадках сортовой примеси, поражения растений возбудителями болезней и повреждения вредителями. При мутирующем действии пестицидов, в случае нарушения регламента их применения, накапливаются нетипичные для сорта формы, которые могут изменить норму реакции генотипа во взаимодействии со средой, что в конечном итоге ухудшает продуктивность и качество урожая. [1] Поэтому необходимо регулярно проводить сортообновления. Считается, что методическая основа выращивания высококачественного семенного картофеля — сортоулучшающие отборы, проводимые по одному или совокупности признаков. [6, 15]

До использования методов биотехнологии в оригинальном семеноводстве картофеля широко применяли клоновый отбор для решения задач повышения продуктивности и улучшения качества клубневого материала. [6] Этот отбор предполагает испытание каждого отобранного растения по потомству в течение двух и более лет с учетом сортовой чистоты, поражаемости болезнями и урожая. [11, 13] Многократным отбором можно выделить высокоурожайные, свободные от инфекций растения, отличающиеся повышенной крахмалистостью и товарностью клубней. [12] В исследованиях ряда авторов это обеспечило прибавку урожая в полевых питомниках на 3...12 т/га. [8, 10] В лесостепи Новосибирского Приобья выращивание семенного материала по пятилетней схеме на основе метода апикальной меристемы в сочетании с клоновым отбором способствовало увеличению урожайности культуры в 1,3 раза, по сравнению с технологией без отбора. [2] На юго-западе Уганды средняя прибавка урожая при отборе визуально здоровых растений в период их роста составила 12%. [16]

При получении исходного материала картофеля (базовые клоны) используют сочетание методов биотехнологии и многократных улучшающих полевых отборов, которые обеспечивают стабильность сорта и его долговечность. [10] Такие отборы при выделении типичных для сорта, свободных от инфекций растений представляют интерес и в процессе оригинального семеноводства.

Клубневой отбор предполагает визуальную оценку с положительными или отрицательными признаками. Разновидности данного отбора основаны на косвенных показателях (удельный вес клубней, окраска, энергия прорастания, качество ростков и другие). В семеноводческой работе применяют негативный отбор — удаление нетипичных для сорта и пораженных различными болезнями и (или) поврежденных растений. В Белоруссии совместное использование клубневого и негативного отборов обеспечило прибавку урожая 2,9...7,0 т/га в зависимости от сорта. [15]

При выращивании картофеля на семена комплексное применение сортоулучшающих отборов повышает их эффективность, способствует сохранению посевных, сортовых качеств клубней, увеличению продуктивности.

Цель работы — оценить результативность проведения улучшающих отборов в первом полевом поколении картофеля при вариабельности метеорологических факторов в течение вегетации растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на базе лаборатории агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук» в 2020–2022 годах.

Вегетационный период 2020 года характеризовался недостаточной тепло- и влагообеспеченностью, что отрицательно повлияло на формирование вегетативной массы растений и вызвало недобор урожая. Особенность 2021 года — повышенная среднемесячная температура во время первой половины вегетации растений, а также избыточное количество осадков (исключение — июль). Такие резкие колебания метеорологических факторов в сезоне обусловили снижение продуктивности культуры. Летние месяцы 2022 года отличались переувлажнением и повышенной среднемесячной температурой, особенно в августе, что благоприятно отразилось на формировании клубней.

Почва — дерново-подзолистая легкосуглинистая, хорошо окультуренная. Содержание гумуса по показателю углерода в органическом веществе почвы — среднее, подвижных форм фосфора и калия — очень высокое, реакция почвенного раствора — слабокислая.

Объект изучения — сорта картофеля ранней группы спелости *Латона*, *Импала*, *Ред Скарлетт*. Для посадки использовали миниклубни, отобранные в предыдущем году на основе визуальной оценки и с привлечением отдельных методов многомерного анализа лучших меристемных растений по показателям количества и размера, который регламентируется ГОСТом 33996-2016. [3, 5] После зимнего хранения миниклубни высаживали отдельно по вегетативным потомствам. В полевых условиях картофель проверяли на соответствие технологическому регламенту. [14] Брали свободный от инфекций посадочный материал, негативный отбор в поле не проводили.

Урожай каждого растения убирали вручную, сортировали по фракциям с учетом наибольшего поперечного диаметра (мелкая — до 28 мм, средняя — 29...60, крупная — более 61 мм), количества и массы клубней.

Корректность отбора наиболее продуктивных вегетативных потомств на основе визуальной оценки проверяли с привлечением кластерного и пошагового дискриминантного анализов, реализованных в пакете программы StatGraphics Centurion XV. [7] В качестве объектов использовали вегетативные потомства изученных сортов картофеля, а переменных — показатели продуктивности по фракциям.

Влияние улучшающих отборов на начальных этапах оригинального семеноводства оценивали по продуктивности супер-суперэлиты. Ежегодно по классификации потомств (с привлечением вышеуказанных методов многомерного анализа) их распределяли на группы (I — максимальная, II — средняя, III — минимальная). Контроль — потомства без отбора. Наличие достоверных отклонений устанавливали по результатам дисперсионного анализа. [4] Исследования проводили в соответствии с методиками. [4, 9]

Агротехника выращивания картофеля общепринятая для Северо-Запада России. Уход за посадками: прополка от сорных растений, рыхление междурядий,

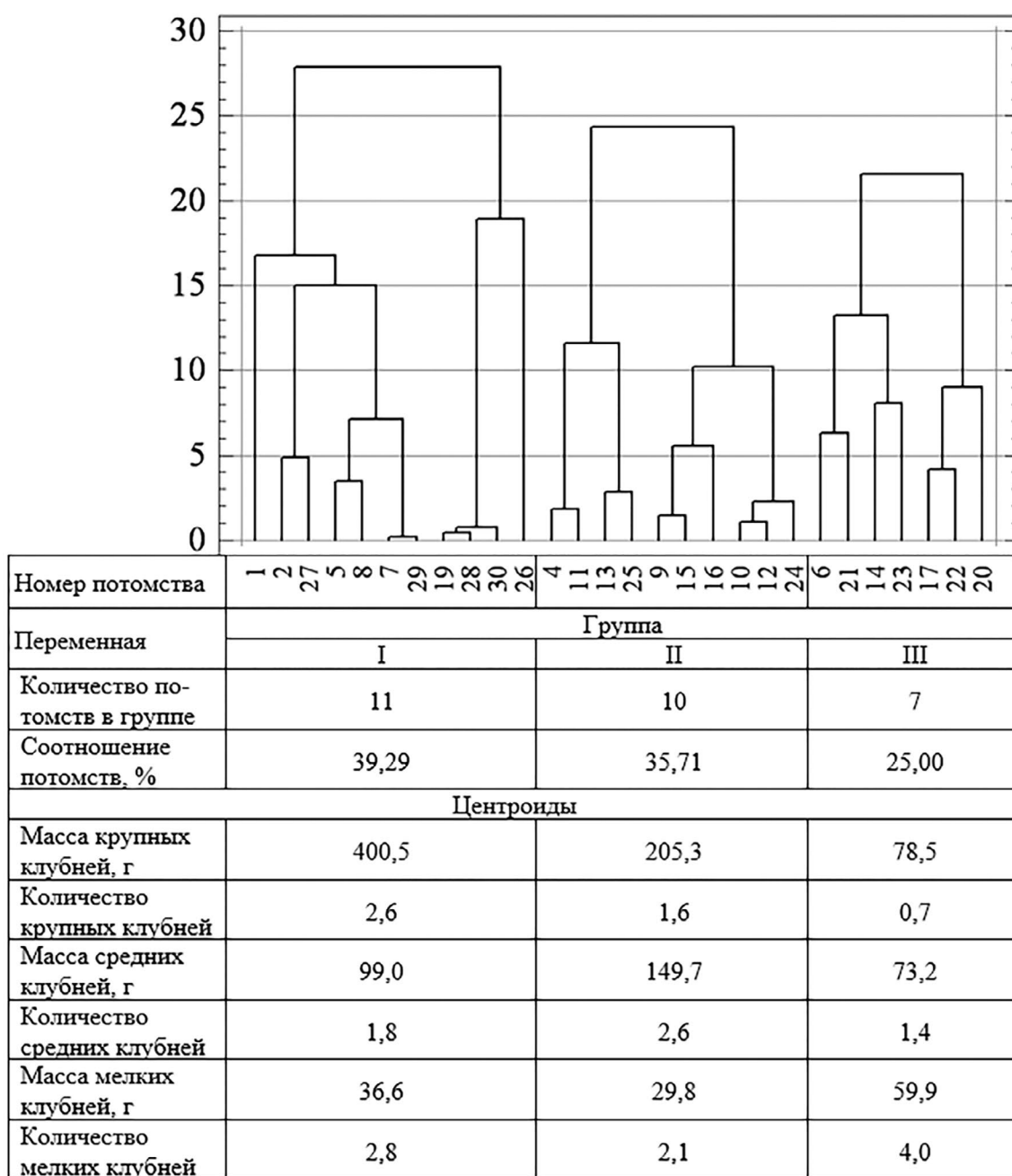
двухкратное окучивание, некорневая подкормка раствором мочевины и микроудобрений, двухкратная обработка посадок против фитофтороза (препараты Манкоцеб и Танос). Надземную растительную массу удаляли механическим способом.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты классификации вегетативных потомств приведены на примере сорта *Импала* (см. рисунок). Кластерный анализ, поддержанный на 100% пошаговым дискриминантным, выявил три группы потомств. Первая (39,3%) отличалась максимальной продуктивностью из-за количества и массы клубней крупной фракции. Вторая (35,7%) – промежуточными показателями урожая с наибольшими значениями количества и массы клубней средней фракции. Потомства третьей

группы (25%) оказались наименее продуктивными. Основные дискриминаторы (переменные, достоверно разделяющие потомства на группы) – количество клубней крупной фракции, масса клубней средней и мелкой фракций.

Несмотря на различия продуктивности картофеля в выделенных группах у сортов не выявлено существенных отклонений от контрольных количества и массы клубней на одно растение в поколении супер-суперэлиты (см. таблицу). Установлена тенденция увеличения урожая с преобладанием крупной фракции во второй группе потомств (со средней продуктивностью) у сортов *Импала* и *Ред Скарлетт*. Для наиболее продуктивных потомств сорта *Латона* свойственно повышение общего урожая из-за массы клубней крупной фракции, среднепродуктивных – количества клубней мелкой и средней фракций.



Группировка потомств сорта *Импала* по массе и количеству клубней первого полевого поколения, 2021 год.

Продуктивность растений супер-суперэллиты, средние данные 2021–2022 годов

Вариант (потомство)	Распределение урожая клубней одного растения по фракциям						Общий урожай клубней одного растения	
	количество, шт.			масса, г			количество, шт.	масса, г
	мелкие	средние	крупные	мелкие	средние	крупные		
Импала								
Без отбора (контроль)	3,7	1,1	2,3	66	68	378	7,1	512
I группа	2,5	2,5	0,9	60	150	102	5,9	312
II группа	4,5	2,4	2,3	66	132	322	9,2	520
III группа	2,4	1,3	2,5	38	74	286	6,2	398
Латона								
Без отбора (контроль)	1,9	2,0	1,7	34	120	238	5,6	392
I группа	1,6	1,4	2,4	56	104	362	5,4	522
II группа	3,2	3,8	1,2	72	242	140	8,2	454
III группа	2,1	1,9	1,6	30	112	214	5,6	356
Ред Скарлетт								
Без отбора (контроль)	3,0	2,5	1,5	80	160	172	7,0	412
I группа	2,0	1,5	2,0	52	86	258	5,5	396
II группа	1,4	2,0	3,3	32	128	562	6,7	722
III группа	1,2	2,3	1,1	34	136	162	4,6	332

Таким образом, улучшающие полевые отборы типичных для сорта, без признаков болезней растений в первом полевом поколении способствуют последующему увеличению урожая картофеля в питомнике супер-суперэллиты. В вариантах с использованием отборов существенных отклонений показателей количества и массы клубней относительно контроля не выявлено. Рост продуктивности ранних сортов *Импала* и *Латона* происходит из-за числа (на 29,6 и 46,4% соответственно) и массы (1,6 и 15,8%) клубней средней (семенная) фракции, сорта *Ред Скарлетт* — массы крупных клубней (на 75,2%).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Акатьев В.Н. Выращивание супер-суперэллитного и элитного картофеля из исходного материала, оздоровленного методом верхушечной меристемы: А4втореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1980. 21 с.
- Галеев Р.Р. Совершенствование семеноводства картофеля в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник АГАУ. 2011. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-semenovodstva-kartofelya-v-lesostepi-novosibirskogo-priobya> (Дата обращения: 06.05.2024).
- ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества». М.: Стандартинформ, 2020. 45 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
- Евстратова Л.П., Кузнецова Л.А., Николаева Е.В. Эффективность улучшающего отбора растений при получении миниклубней картофеля // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 61–64. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/61-64>

- Карманов С.Н., Богородицкая Е.А. Отбор растений в первичном семеноводстве картофеля // Картофель и овощи. 1972. № 1. С. 12–13.
- Ким Дж.-О., Мьюллер П.У., Клекка У.Р. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансовая статистика, 1989. 215 с.
- Лобачев Д.А., Авдиенко В.Г. Клоновый отбор на этапе ускоренного размножения картофеля ростковыми черенками из миниклубней с использованием регуляторов роста // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 1. С. 13–17.
- Методика исследований по культуре картофеля. М., 1967. 263 с.
- Овэс Е.В., Гаитова Н.А., Шишкина О.А., Фенина Н.А. Результаты отбора базовых клонов картофеля в условиях Европейского Севера и высокогорья Северного Кавказа // Земледелие. 2020. № 4. С. 29–32.
- Пономарев В.И. Производство семенного картофеля в Нидерландах // Селекция и семеноводство. 1987. № 1. С. 58–62.
- Родкин О.И. Изучение закономерностей сохранения хозяйственно-полезных показателей клонов картофеля в процессе репродукции // Вопросы картофелеводства: Мат. научн. конф. ВНИИКС. М., 1999. С. 22–23.
- Сидорова Л.С. Улучшающие отборы и семенные качества картофеля // Картофель и овощи. 1969. № 11. С. 8–9.
- Симаков Е.А. и др. Технологический регламент производства оригинального, элитного и репродукционного семенного картофеля. М., 2010. 31 с.
- Турко С.А., Дударевич В.И., Анципович Н.А., Бобрик А.О. Эффективность негативного и клубневого отборов при производстве семян картофеля высших репродукций // Картофелеводство. 2014. Т. 22. С. 159–165.
- Priegnitz U., Lommen W.J.M., van der Vlugt R.A.A. et al. Potato Yield and Yield Components as Affected by Positive Selection During Several Generations of Seed Multiplication in Southwestern Uganda. Potato Res. 63, 507–543. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09455-z> (Дата обращения 01.05.2024).

REFERENCES

- Akat'ev V.N. Vyrashchivanie super-superelitnogo i elitnogo kartofelya iz iskhodnogo materiala, ozdorovlennogo metodom verkhushchnoy meristemy: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. M., 1980. 21 s.
- Galeev R.R. Sovershenstvovanie semenovodstva kartofelya v lesostepi Novosibirskogo Priob'ya // Vestnik AGAU. 2011. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-semenovodstva-kartofelya-v-lesostepi-novosibirskogo-priobya> (Data obrashcheniya: 06.05.2024).
- GOST 33996-2016 "Kartofel' semennoj. Tekhnicheskie usloviya i metody opredeleniya kachestva". M.: Standartinform, 2020. 45 s.
- Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 s.
- Evstratova L.P., Kuznecova L.A., Nikolaeva E.V. Effektivnost' uluchshayushchego otbora rastenij pri poluchenii miniklubnej kartofelya // Vestnik Rossijskoj sel'skhozajstvennoj nauki. 2023. № 6. S. 61–64. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/61-64>
- Karmanov S.N., Bogorodickaya E.A. Otkor rastenij v pervichnom semenovodstve kartofelya // Kartofel' i ovoshchi. 1972. № 1. S. 12–13.
- Kim Dzh.-O., M'yuller P.U., Klekka U.R. i dr. Faktornyj, diskriminantnyj i klasternyj analiz. M.: Finansovaya statistika, 1989. 215 s.

8. Lobachev D.A., Avdienko V.G. Klonovyy otbor na etape uskorenno razmnzheniya kartofelya rostkovymi cherenkami iz miniklubnej s ispol'zovaniem regulyatorov rosta // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii. 2011. № 1. S. 13–17.
9. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya. M., 1967. 263 s.
10. Oves E.V., Gaitova N.A., Shishkina O.A., Fenina N.A. Rezul'taty otbora bazovykh klonov kartofelya v usloviyakh Evropejskogo Severa i vysokogor'ya Severnogo Kavkaza // Zemledelie. 2020. № 4. S. 29–32.
11. Ponomarev V.I. Proizvodstvo semennogo kartofelya v Niderlandah // Selekcija i semenovodstvo. 1987. № 1. S. 58–62.
12. Rod'kin O.I. Izuchenie zakonomernostej sohraneniya hozyajstvenno-poleznykh pokazatelej klonov kartofelya v processe reproducirovaniya // Voprosy kartofelevodstva: Mat. nauchn. konf. VNIKH. M., 1999. S. 22–23.
13. Sidorova L.S. Uluchshayushchie otbory i semennye kachestva kartofelya // Kartofel' i ovoshchi. 1969. № 11. S. 8–9.
14. Tekhnologicheskij reglament proizvodstva original'nogo, elitnogo i reprodukcionnogo semennogo kartofelya / E.A. Simakov i dr. M., 2010. 31 s.
15. Turko S.A., Dudarevich V.I., Ancipovich N.A., Bobrik A.O. Effektivnost' negativnogo i klubnogo otborov pri proizvodstve semyan kartofelya vysshih reprodukcij // Kartofelevodstvo. 2014. T. 22. S. 159–165.
16. Priegnitz, U., Lommen, W.J.M., van der Vlugt, R.A.A. et al. Potato Yield and Yield Components as Affected by Positive Selection During Several Generations of Seed Multiplication in Southwestern Uganda. Potato Res. 63, 507–543. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09455-z> (Data obrashcheniya 01.05.2024).

Поступила в редакцию 27.05.2024

Принята к публикации 10.06.2024

УДК 579.64:57.084.1

DOI: 10.31857/S2500208224050083, EDN: ztfkfl

ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ РИЗОСФЕРНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К СЕМЕНАМ ТОМАТА*

Алина Равильевна Гальперина, кандидат биологических наук, доцент

Ольга Борисовна Сопрунова, доктор биологических наук, профессор

Анна Николаевна Пархоменко, кандидат биологических наук, доцент

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

E-mail: alina_r_s@rambler.ru

Аннотация. Исследованы бактериальные изоляты, выделенные из ризосферы культурных и дикорастущих растений аридных экосистем Астраханской области, обладающие способностью к триптофаниндуцируемому синтезу индол-3-уксусной кислоты, стимулирующему прорастания семян томатов сортов Санька, Волгоградский, Космонавт Волков, Новичок. Семена инкубировали во влажных камерах, оценивали лабораторную всхожесть и морфометрические показатели проростков. Высокую всхожесть (90% и более) семян сорта Санька наблюдали при обработке суспензиями 12 изолятов, Волгоградский – 9, Космонавт Волков – 2, Новичок – 3. Суспензии изолятов 16/19 и 31/20 обеспечивают высокую всхожесть семян всех сортов: до 86,6 – 100 и 90 – 100% соответственно, 9/19 – существенно снижает ее у Волгоградского, Космонавта Волкова и Новичка на 66,6 – 56,7%. Отмечено, что суспензия изолята 16/19 помогает увеличивать биомассу у Саньки, Волгоградского и Космонавта Волкова до 273 – 449%, 31/20 обладает стимулирующим эффектом по отношению к морфометрическим показателям проростков всех сортов (увеличивает развитие корня на 73,3 – 183,3%, стебля – 46,8 – 100,5%). Суспензия изолята 9/19 ингибирует не только всхожесть семян, но и вызывает пониженное накопление биомассы проростков, угнетает развитие корней и стеблей сортов Волгоградский, Космонавт Волков и Новичок. Таким образом, изоляты 16/19 и 31/20 ризосферных бактерий оказывают стимулирующее действие как на всхожесть семян томатов, так и морфометрические параметры проростков.

Ключевые слова: изоляты ризосферных микроорганизмов, ростостимулирующие свойства, томаты, лабораторная всхожесть, морфометрические показатели проростков

PRIMARY SCREENING OF GROWTH-STIMULATING PROPERTIES OF RHIZOSPHERE MICROORGANISMS IN RELATION TO TOMATO SEEDS

A.R. Galperina, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

O.B. Soprunova, Grand PhD in Biological Sciences, Professor

A.N. Parkhomenko, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

E-mail: alina_r_s@rambler.ru

Abstract. The ability of bacterial isolates isolated from the rhizosphere of cultivated and wild plants of arid ecosystems of the Astrakhan region, which have the ability to tryptophan-induced synthesis of indolyl-3-acetic acid, to stimulate the germination of tomato seeds of the varieties "Sanka", "Volgogradsky", "Cosmonaut Volkov", was studied. "Newbie" Experimental studies were carried out through laboratory experiments

* Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-26-00227 «Генетическая паспортизация ризосферных микроорганизмов аридных экосистем с биотехнологически значимыми свойствами» / The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-26-00227 "Genetic certification of rhizospheric microorganisms of arid ecosystems with biotechnologically significant properties".

by incubating seeds in humid chambers; laboratory germination and morphometric parameters of seedlings were assessed. It was revealed that most of the studied suspensions of isolates have a stimulating effect on tomato seeds. High germination (90% or more) of seeds of the "Sanka" variety was observed when 12 isolates were treated with suspensions; variety "Volgogradsky" – suspensions of 9 isolates; variety "Cosmonaut Volkov" – suspensions of 2 isolates; variety "Novichok" – suspensions of 3 isolates. Suspensions of isolates 16/19 and 31/20 contributed to high germination of seeds of all varieties: up to 86.6–100% and 90–100%, respectively, and isolate 9/19 significantly reduced the germination of seeds of the varieties "Volgogradsky", "Cosmonaut Volkov" and "Novichok" by 66.6–56.7%. When assessing the morphometric parameters of seedlings in the experiment, it was noted that the suspension of isolate 16/19 helps to increase the biomass of the varieties "Sanka", "Volgogradsky" and "Cosmonaut Volkov" up to 273–449%. Suspension of isolate 31/20 has a stimulating effect on the morphometric parameters of seedlings of all varieties: it stimulates root development by 73.3–183.3%, stem development by 46.8–100.5%. The isolate 9/19 suspension not only inhibits seed germination, but also causes a reduced accumulation of seedling biomass, inhibits the development of roots and stems of seedlings of the varieties "Volgogradsky", "Cosmonaut Volkov" and "Novichok". Thus, during experimental studies, isolates (16/19 and 31/20) of rhizosphere bacteria were identified that have a stimulating effect on both the germination of tomato seeds and the morphometric parameters of seedlings.

Keywords: isolates of rhizosphere microorganisms, growth-stimulating properties, tomatoes, laboratory germination, morphometric parameters of seedlings

Томат (*Lycopersicon esculentum*) – один из самых популярных овощей, имеет пищевую и экономическую ценность во всем мире. Благодаря вкусовым качествам и высокой биологической ценности плодов (наличие витаминов, микроэлементов, каротиноидов, в том числе ликопина) их потребление в мире увеличивается. [1, 11] Производство томатов, особенно в закрытом грунте, зависит от использования агрохимикатов (удобрения, пестициды). Наблюдается тенденция к росту получения натуральной органической экологически чистой продукции с заменой химических препаратов на микробные, стимулирующие прорастание семян, повышающие устойчивость растений к заболеваниям и неблагоприятным факторам окружающей среды. Подобные препараты чаще всего производят на основе PGPR-бактерий – микроорганизмов, помогающих развитию растений. [6, 9] Механизмы действия PGPR: растворение питательных веществ для облегчения их усвоения растениями, регулирование гормонального баланса, повышение устойчивости растений к патогенам. Кроме того, PGPR проявляет синергетическое и антагонистическое взаимодействие с другими микроорганизмами внутри ризосферы и за ее пределами в основной массе почвы, что косвенно увеличивает рост растений. [7]

Цель работы – изучить способность ризосферных микроорганизмов стимулировать прорастание семян томатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – 20 бактериальных изолятов, выделенных из ризосферы культурных и дикорастущих растений аридных экосистем Астраханской области в 2019–2020 годах, обладающих способностью к триптофаниндуцируемому синтезу индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и находящимся в коллекции кафедры «Прикладная биология и микробиология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». [4]

Использовали сорта семян томата: *Волгоградский*, *Санька* (раннеспелые), *Космонавт Волков*, *Новичок* (среднеспелые). По районированию они различались: *Волгоградский* и *Новичок* рекомендованы для Центрального Черноземья и Нижнего Поволжья, *Санька* и *Космонавт Волков* – Центрального Черноземья.

Изучали способность исследуемых ризосферных микроорганизмов стимулировать прорастание семян томата методом инкубирования во влажных камерах.

Семена перед закладыванием замачивали на сутки в стерильной водопроводной воде, далее стерилизовали в течение 5 мин. в 70%-м растворе этилового спирта, промывали стерильной водопроводной водой и замачивали 30 мин. в водной суспензии микроорганизмов с титром 10^6 КОЕ/мл. Контрольный вариант замачивали на 30 мин. в стерильной водопроводной воде. Проращивали семена (по 10 шт.) во влажных камерах в термостате при переменной температуре 20...30°C, повторность – четырехкратная. В эксперименте определяли параметры всхожести семян (лабораторная) и морфометрические показатели проростков (длина корня и стебля, их общая сырая биомасса). [2] Статистический анализ проводили с помощью пакета Statistica 6.1 (StatSoft Inc., USA). Данные представляли в виде $\bar{x} \pm SD$. Для сравнения двух независимых выборок применяли t-критерий Стьюдента (при $P < 0,05$ различия считали достоверными, предварительно проверив данные на нормальность распределения).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатель лабораторной всхожести характеризует посевные качества семян и свидетельствует об их способности прорасти за определенный срок при оптимальных условиях. Обработка семян водными суспензиями исследуемых микроорганизмов выявила их разнонаправленное действие (рис. 1). Лабораторная всхожесть семян томатов в контроле колебалась от средней – 70 (*Волгоградский*, *Космонавт Волков*) до высокой – 93,3% (*Санька*, *Новичок*).

Высокая всхожесть (90% и более) семян сорта *Санька* отмечена при обработке суспензиями 12 изолятов (рис. 1а), *Волгоградский* – 9 (рис. 1б), *Космонавт Волков* – 2 (рис. 1в), *Новичок* – 3 изолятов (рис. 1г). Стимулирующее действие суспензиями изолятов более выражено для сортов ранней спелости, чем средней. Если сравнивать с контрольным вариантом, то у *Волгоградского* всхожесть стимулируют суспензиями 18 изолятов (максимальный показатель), у *Новичка* – 3 (минимальный).

Суспензия изолята 9/19 снижает всхожесть семян сортов *Волгоградский*, *Космонавт Волков* и *Новичок* на 56,7...66,6%, у сорта *Санька* ингибирующее действие практически не выражено. Суспензии изолятов 16/19 и 31/20 обеспечивали высокую всхожесть у семян всех сортов – до 86,6...100% и 90...100% соответственно.

В эксперименте, помимо лабораторной всхожести, оценивали и морфометрические показатели пророст-

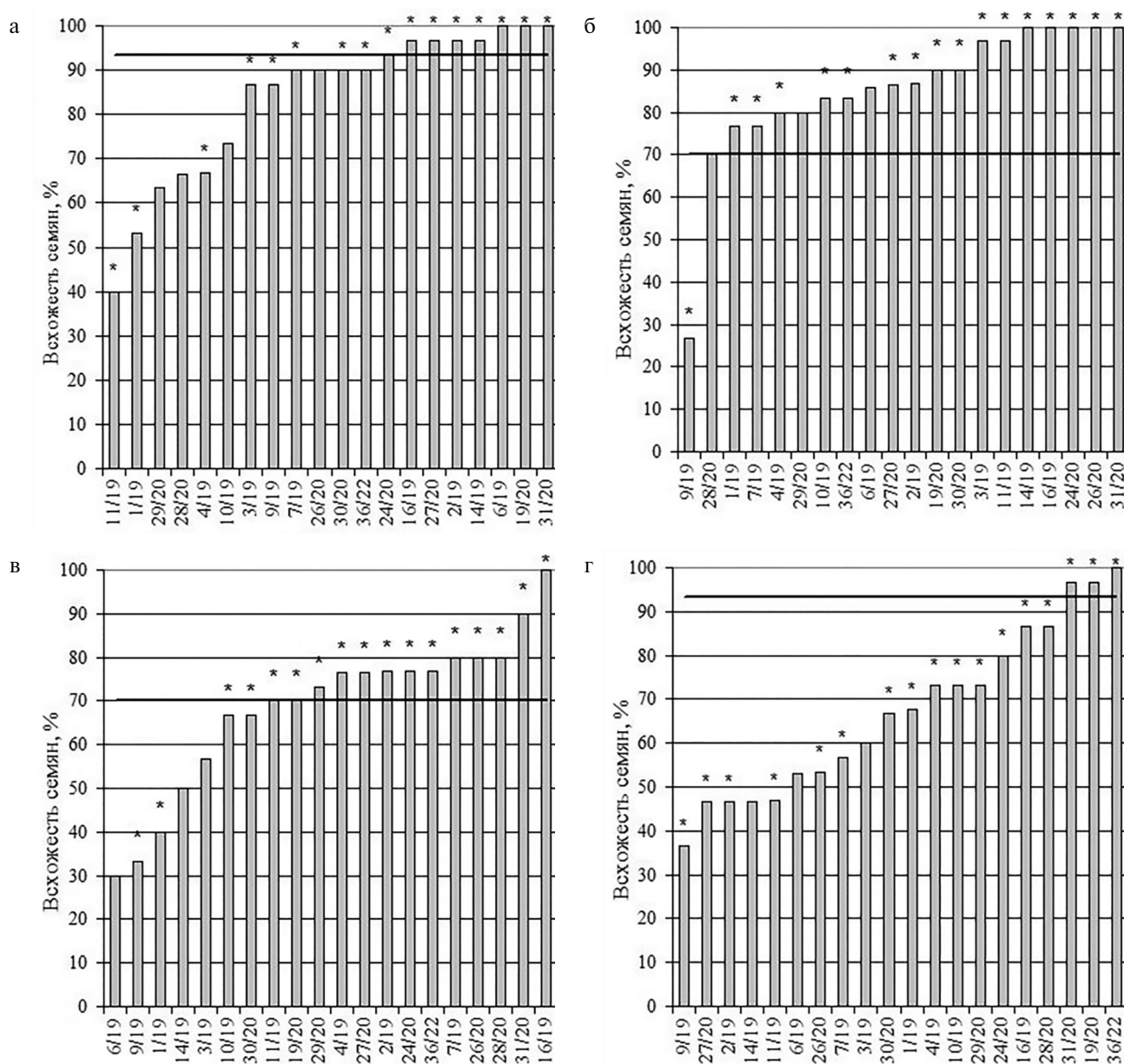


Рис. 1. Лабораторная всхожесть семян томата: а – Санька, б – Волгоградский, в – Космонавт Волков, г – Новичок ($\bar{x} \pm SD$, $n=3$, * – значения, достоверно отличающиеся от контроля при $p < 0,05$, черная линия – контрольный вариант).

ков томатов (длина корня и стебля, общая биомасса проростков), которые пересчитывали в процентном соотношении к контрольному варианту (их принимали за 100%). Ингибирующим признавалось воздействие изолята, вызывающее снижение показателя ниже 100%, стимулирующим – выше 100%.

Выявлено, что обработка семян суспензиями исследуемых изолятов положительно повлияла на морфометрические показатели проростков сорта *Санька*. Только суспензии 2 изолятов (24/20, 29/20) ингибировали развитие корня (на 38%). Снижение биомассы на 12,6...78,2% ниже, чем в контрольном варианте, наблюдали при действии суспензий изолятов 24/20, 29/20, 11/19, 27/20, 10/19, 6/19. Суспензия изолята 2/19 оказала максимальное стимулирующее действие на развитие корня (374,3%) и биомассу (255,3%), 30/20 – увеличение длины стебля на 300,2% (рис. 2а).

Действие суспензий изолятов на морфометрические показатели проростков сорта *Волгоградский*

в целом положительное. Суспензии изолятов 9/19, 36/22, 1/19 снижают длину корня и стебля проростков на 6,7...53,2% и 15...40% соответственно; 28/20, 14/19, 7/19, 10/19 – только стебля на 15,1...55,1%. Понижение значений биомассы по отношению к контрольным было при воздействии суспензий изолятов 9/19, 14/19, 29/20, 7/19, 2/19. В наибольшей степени стимулирует развитие корня на 383,8% – 10/19; стебля (216,9) – 6/19; биомассы (157,5%) – 31/20 (рис. 2б).

Суспензии изолятов 14/19, 9/19, 6/19, 11/19, 29/20 снижают длину корня на 8...34%, остальные провоцируют его развитие. Рост стебля ингибировали суспензии изолятов 9/19, 6/19, 1/19, 10/19, 30/20, 11/19, 2/19, 7/19, 3/19 на 12,4...76,0%. Понижение общей биомассы проростков на 13,4...64,0% вызывали изоляты 14/19, 29/20, 10/19, 26/20, 30/20, 11/19, 2/19, 27/20, 3/19, 4/19. При этом стимулировали развитие корня суспензии 15 изолятов, стебля – 10, биомассы – 5. Из них максимальное действие (увеличение длины корня на 500%,

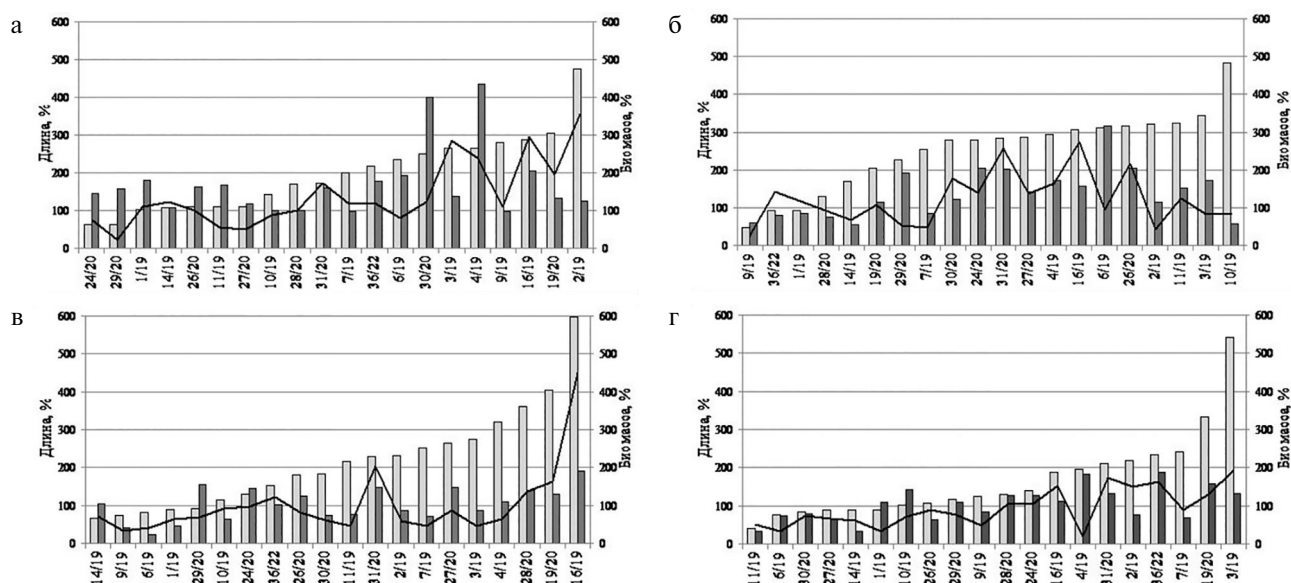


Рис. 2. Морфометрические показатели проростков: а – Санька, б – Волгоградский, в – Космонавт Волков, г – Новичок.

стебля – 90,2, биомассы – 349,2%) оказывала 16/19 (рис. 2в).

В наименьшей степени суспензии 11/19, 6/19, 30/20, 27/20, 14/19 ингибировали развитие корня сорта Новичок (на 12...68%), стебля – 27...78%, биомассы – 26,3...66,0%, 26/20, 9/19, 2/19, 7/19 угнетали развитие стебля до 35%; 1/19 – корня до 11%. Снижение биомассы проростков ниже, чем в контроле на 12...80%, наблюдали при воздействии суспензий изолятов 1/19, 10/19, 26/20, 9/19, 4/19, 7/19. Максимальное стимулирующее влияние на развитие корня (440,5%) и биомассы (93,4%) оказывала суспензия 3/19 – увеличило длину стебля на 87,6%.

Выявлен изолят 9/19, который ингибирует не только всхожесть семян, но и вызывает пониженное накопление биомассы проростков, угнетает развитие корней и стеблей проростков сортов Волгоградский, Космонавт Волков и Новичок.

Определены изоляты, положительно воздействующие на всхожесть и развитие проростков: 16/19 – максимальное накопление биомассы у Саньки, Волгоградского и Космонавта Волкова до 273...449%, 31/20 – развитие корня на 73,3...183,3, стебля – 46,8...100,5%.

Выявлено, что изолят 9/19 способен синтезировать до 16,0 мкг/мл ИУК, 31/20 – 25,0, 16/19 – 9,0 мкг/мл. [6] ИУК – один из наиболее важных растительных гормонов, напрямую влияющих на рост, деление клеток и образование корней, а также помогает увеличивать площадь поглощающей поверхности корня, что позволяет интенсифицировать питание растений. [8]

Обнаруженный в ходе эксперимента ингибирующий эффект суспензии изолята 9/19, при достаточном синтезе ИУК, согласуется с литературными данными Л.С. Церковняк и Teale et al., указывающими на то, что экзогенный ауксин способен проявлять как положительный, так и отрицательный эффект. [3, 12] Оптимальный диапазон концентраций ИУК для конкретного растения может быть чрезвычайно узким и сдвиг в любую сторону может привести к угнетению. [3, 12]

Стимулирующее действие микробных суспензий изолятов 16/19 и 31/20 на растения может быть обусловлено не только синтезом ИУК, но и других биологически активных соединений, улучшающих фосфорное питание растений, усвоение ионов железа, повышающих иммунитет к фитопатогенам. [5, 10]

Выводы. Таким образом, выявлены изоляты (16/19 и 31/20) ризосферных бактерий, оказывающие стимулирующее действие на всхожесть семян томатов (6,7...30%), а также морфометрические параметры проростков – увеличение длины корня до 286%, стебля – 204, биомассы – 294%. Полученные данные свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований по видовой идентификации изолятов, изучения физиолого-биохимических свойств, в том числе по наличию синтеза БАВ, на возможность применения в качестве стимуляторов роста сельскохозяйственных растений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ахмедова П.М. Оценка новых гибридов томата в защищенном грунте // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. №1. С. 37-41.
<https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/1/37-41>
2. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести = Agricultural seeds. Methods for determination of germination: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19.12.84 № 4710: дата введения 1986-07-01. М.: Стандартинформ, 2011.
3. Церковняк Л.С. Фосфатмобилизирующие бактерии *Bacillus subtilis* – продуценты соединений фенольной природы // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. С. 311–317.
4. Юсупова Д.М., Бареева А.Ш., Гальперина А.Р., Сопрунова О.Б. Изучение способности ризосферных микроорганизмов к продукции ИУК и влиянию на рост растений // Инновации и продовольственная безопасность. 2023. № 3. С. 83–90.
<https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-83-90>

5. Almaghabi O.A., Massoud S.I., Abdelmoneim T.S. Influence of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on tomato plant growth and nematode reproduction under greenhouse conditions // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2013. V. 20. № 1. P. 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.10.004>
6. Dutta, S., Podile, A.R., Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone // *Critical Reviews in Microbiology*. 2010. Vol. 36. № 3. P. 232–244. <https://doi.org/10.3109/10408411003766806>
7. Gupta, G., Parihar, S.S., Ahiwar, N.K. et al. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture // *Journal of Microbial Biochemical Technology*. 2015. Vol. 7. № 2. P. 96–102. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>
8. Hayat R., Ahmed I., Sheirdil R.A. An overview of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture. In: M. Ashraf, M. Oztürk, M.S.A. Ahmad, and A. Aksoy (eds.) *Crop production for agricultural improvement*. Berlin: Springer, 2012. P. 557–579. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16030-1.00017-1>
9. Moustaine M., Elkhakhi R., Bebbouazza A. et al. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and characterization for direct PGP abilities in Morocco. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017. Vol. 2. № 2. P. 590–596. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.2.5>
10. Perez-Rodriguez M.M., Mariela P., Victor L. Et al. *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense* increase the yield and fruit quality of tomatoes under field conditions // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. V. 20. № 4. P. 1614–1624. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00233-x>
11. Ramavath K., Hameeda B., Reddy G. Enhancement of Plant Growth in Tomato by Inoculation with Plant Growth Promoting *Bacillus* spp // *World Journal of Agricultural Research*. 2019. Vol. 7. № 2. P. 69–75. <https://doi.org/10.12691/wjar-7-2-5>
12. Teale W.D., Paponov I.A., Palme K. Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development // *Natures reviews. Molecular cell Biology*. 2006. V. 7. № 11. P. 847–859. <https://www.doi.org/10.1038/nrm2020>
- nogo komiteta SSSR po standartam ot 19.12.84 № 4710: data vvedeniya 1986-07-01. M.: Standartinform, 2011.
3. Cerkovnyak L.S. Fosfatmobiliziruyushchie bakterii *Bacillus subtilis* – producenty soedinenij fenol'noj prirody // *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2009. T. 45. S. 311–317.
4. Yusupova D.M., Bareeva A.Sh., Gal'perina A.R., Soprunova O.B. Izuchenie sposobnosti rizosfernykh mikroorganizmov k produkcii IUK i vliyaniyu na rost rastenij // *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*. 2023. № 3. S. 83–90. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-41-3-83-90>
5. Almaghabi O.A., Massoud S.I., Abdelmoneim T.S. Influence of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on tomato plant growth and nematode reproduction under greenhouse conditions // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2013. V. 20. № 1. P. 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.10.004>
6. Dutta, S., Podile, A.R., Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone // *Critical Reviews in Microbiology*. 2010. Vol. 36. № 3. P. 232–244. <https://doi.org/10.3109/10408411003766806>
7. Gupta, G., Parihar, S.S., Ahiwar, N.K. et al. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture // *Journal of Microbial Biochemical Technology*. 2015. Vol. 7. № 2. P. 96–102. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>
8. Hayat R., Ahmed I., Sheirdil R.A. An overview of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture. In: M. Ashraf, M. Oztürk, M.S.A. Ahmad, and A. Aksoy (eds.) *Crop production for agricultural improvement*. Berlin: Springer, 2012. P. 557–579. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16030-1.00017-1>
9. Moustaine M., Elkhakhi R., Bebbouazza A. et al. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and characterization for direct PGP abilities in Morocco. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2017. Vol. 2. № 2. P. 590–596. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.2.5>
10. Perez-Rodriguez M.M., Mariela P., Victor L. Et al. *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense* increase the yield and fruit quality of tomatoes under field conditions // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. V. 20. № 4. P. 1614–1624. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00233-x>
11. Ramavath K., Hameeda B., Reddy G. Enhancement of Plant Growth in Tomato by Inoculation with Plant Growth Promoting *Bacillus* spp // *World Journal of Agricultural Research*. 2019. Vol. 7. № 2. P. 69–75. <https://doi.org/10.12691/wjar-7-2-5>
12. Teale W.D., Paponov I.A., Palme K. Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development // *Natures reviews. Molecular cell Biology*. 2006. V. 7. № 11. P. 847–859. <https://doi.org/10.1038/nrm2020>

REFERENCES

Поступила в редакцию 22.04.2024
Принята к публикации 06.05.2024

ДИНАМИКА ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЧКОВЫМ КЛЕЩОМ (*CECIDOPHYES RIBES WEST.*) КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

Татьяна Ильинична Салтыкова, младший научный сотрудник

Наталья Сергеевна Вахрушева, младший научный сотрудник

Александр Петрович Софронов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, г. Киров, Россия

E-mail: plod-niish@yandex.ru

Аннотация. Цель исследований — оценить коллекционный материал смородины черной в условиях Кировской области по устойчивости к почковому клещу, изучить динамику накопления повреждений вредителем и выделить сорта, которые долгое время сохраняют устойчивость. Работу проводили в 2014–2021 годах на коллекционных насаждениях лаборатории плодово-ягодных культур ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров), расположенных в центральной агроклиматической зоне Кировской области. Объект изучения — 36 сортов смородины черной 2013 года посадки. Контрольный сорт — Вологда. Схема посадки $3,0 \times 1,0$ м, по 5 растений на учетной делянке. Повторность однократная. В результате многолетних наблюдений за динамикой накопления повреждений почковым клещом выделены сорта, которые дольше остальных оставались свободными от вредителя: Александрина (признаков повреждения вредителем не отмечено); Добрый Джинн и Гулливер (5,6% от числа изучаемых), у которых первые повреждения отмечены на восьмой и седьмой год после посадки соответственно; Чишма, Ядрёная, Мила, Василиса, Спутник, Нежданчик (16,7%) (первые признаки повреждения выявлены на пятый год после посадки). Сорта устойчивые к почковому клещу (47,2%) — перспективные для привлечения в селекционный процесс в качестве исходного материала и рекомендованы для производства. Сорта со средней и слабой устойчивостью к вредителю можно использовать для любительского и промышленного садоводства. Анализ взаимосвязи между степенью повреждения вредителем изучаемых сортов и урожайностью показал среднюю отрицательную связь ($r = -0,62$).

Ключевые слова: устойчивость, коллекция, сортоизучение, вредитель, фитофаг, Кировская область

DYNAMICS OF DAMAGE BY THE BUDDLE MITE (*CECIDOPHYES RIBES WEST.*) TO COLLECTION VARIETIES OF BLACK CURRANT

T.I. Saltykova, Junior Researcher

N.S. Vakhrusheva, Junior Researcher

A.P. Sofronov, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher

Federal Agricultural Research Centre of the North-East named after N.V. Rudnitskiy, Kirov, Russia

E-mail: plod-niish@yandex.ru

Abstract. The aim of research is to evaluate collectible black currant material according to resistance to bud mite in conditions of Kirov region, to study the dynamics of damage accumulation by a pest and to distinguish the varieties which have been showing the resistance for a long time. The evaluation of varieties had been held on the collectible plantations of fruit and berry crops of laboratory of FSBSI FARC of the North-East (Federal State Budget Scientific Institution "Federal Agricultural Research Centre") (Kirov) which is situated in a central agro-climatic zone of Kirov region in 2014–2021. 36 black currant varieties of 2013 planting year were included in the research. The check variety is Vologda. The scheme of planting is 3.0×1.0 m, 5 plants on an every accounting plot. The repetition is single. As a result of a long-term study of the dynamics of bud mite damage accumulation, the varieties, which remain free from the pest longer than others were distinguished: Alexandrina (the features of the pest had not been noticed during the whole research); Dobryi Jinn (Kind Genie) and Gulliver (5.6% of the number of the studied) which showed the first damage on the 7th and 8th year after planting. Chishma, Yadrenaya, Mila, Vasilisa, Sputnik, Nezhdanchik (16.7%) showed the first features of damage on the 5th year of planting. The varieties with the resistance to a bud mite (47.2%) are promising as a basic material for bringing in a selection process and recommended for the production. The varieties with middle and low resistance to the pest can be recommended for amateur and commercial horticulture but as a basic material on resistance to a phytophage in selection, they are unsuitable. The analysis of a link between a degree of pest damage of studied varieties and productiveness showed an average negative relationship between these features ($r = -0.62$).

Keywords: resistance, collection, variety trials, pest, phytophage, Kirov region

Одна из важных характеристик современного сорта — устойчивость к вредителям и болезням. У большинства зарегистрированных сортов смородины черной недостаточная устойчивость к почковому клещу (*Cecidophyes ribes West.*), распространение которого возрастает. [2, 3, 5, 8] Этот фитофаг считается одним из самых вредоносных и малоуязвимых на участках смородины черной. [4, 9, 10] Он способен не только повреждать до 70% почек, ослабляя растения, и снижать урожай, но и переносить вирус реверсии (махровость). [6] Пораженные клещом почки увеличиваются в размере, приобретая шаровидную форму. Из них не образуются ни цветки, ни листья. При благоприятных условиях численность вредителя в почке может достигать от 8 до 35 тыс. особей. Так как почковый клещ развивается внутри почки и покидает

ее в короткий период миграции, совпадающей с цветением и созреванием ягод, то применение химических средств защиты недостаточно эффективно. [1, 8, 11]

Повреждение вредителем происходит неравномерно по времени, у некоторых сортов на четвертый–пятый год жизни, поэтому исследования по устойчивости к почковому клещу нужно проводить не меньше пяти–шести лет. [7] Возникает необходимость оценки сортового материала не только по степени устойчивости к вредителю, но и скорости накопления повреждения.

Цель работы — оценить коллекционный материал смородины черной в условиях Кировской области на устойчивость к почковому клещу, изучить динамику накопления повреждений и выделить сорта, которые долгое время сохраняют устойчивость.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2014–2021 годах на коллекционных насаждениях лаборатории плодово-ягодных культур ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров), расположенных в центральной агроклиматической зоне Кировской области изучали 36 сортов смородины черной 2013 года посадки. Стандарт – сорт *Вологда*, рекомендованный Государственной комиссией РФ по испытанию и охране селекционных достижений по Кировской области. Схема посадки $3,0 \times 1,0$ м, по пять растений на учетной делянке. Повторность однократная. Закладку участка проводили весной двухлетним посадочным материалом. Агротехнические мероприятия – общепринятые для Северо-Востока Европейской части России.

Климат Кировской области континентальный, с продолжительной холодной зимой и умеренно теплым летом. Погодные условия в период исследований были типичными для региона, за исключением двух зимних периодов. Зима 2016–2017 годов – холодная (средняя температура в декабре-январе – минус 12,9...минус 14,6°C, минимальная – минус 38°C, снежный покров – 49...78 см). В 2019–2020 годах зима теплая и малоснежная (средняя температура в декабре-январе – минус 4,0...минус 5,0°C, снежный покров – 25...45 см). Вегетационный период 2017 года – холодный и влажный, средние температуры на 1,5...4,0°C ниже среднегодовых значений и превышающее их на 20...50 мм количество осадков. Май 2014 года – экстремально сухой и теплый, количество осадков составило 11 мм, средняя температура – 14,9°C, ГТК – 0,4.

Полевые учеты и наблюдения проводили согласно требованиям «Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». [7]

Степень повреждения сортового материала вредителем оценивали весной до распускания почек в баллах: 0 – признаков поражения нет; 1 – очень слабое повреждение единичных почек; 2 – слабое (до 10%); 3 – среднее (до 30); 4 – сильное (30...50); 5 – очень сильное (более 50%).

Для статистической обработки данных использовали методические разработки Б.А. Доспехова (1985) и программу Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявлена различная степень повреждения смородины черной почковым клещом с 2014 по 2021 год. У сорта *Александрин* на протяжении всего времени наблюдения признаков повреждения вредителем не отмечено.

Сорта оценивали не только по степени устойчивости, но и скорости накопления повреждений вредителем. Все изучаемые сорта были разделены на четыре группы (см. таблицу).

На третий год после посадки (2015) у 21 сортотипа (58,3%) из коллекции выявлены первые признаки повреждения (0,5...1,0 балла), чему способствовали благоприятные условия для миграции фитофага в мае 2014 года.

Дольше остальных свободными от клеща оставались сорта *Добрый Джинн* и *Гулливер* (первые повреждения отмечены на восьмой и седьмой год после посадки соответственно), что составило 5,6% коллекционного материала.

Также длительное время неповрежденными фитофагом оставались сорта *Чижма*, *Ядрёная*, *Мила*, *Василиса*, *Спутник* (13,9%), первые признаки выявлены на пятый год после посадки.

Остальные 27,8% сортотипов смородины черной из группы устойчивых сортов были рано повреждены почковым клещом (третий и четвертый год), но сохраняли устойчивость длительное время (степень повреждения не превышала одного балла), в том числе *Вологда* (контроль), *Бенефис*, *Поэзия*, *Мултка*, *Селеченская*, *Черный жемчуг*, *Орловская серенада*, *Воевода*, *Карачинская*, *Подарок Кузюру*.

В группе среднеустойчивых к вредителю сортотипов выделяется сорт *Нежданчик*, у которого первые незначительные повреждения (0,5 балла) выявлены на пятый год после посадки, максимальные (2 балла) только на восьмой (рис. 1, 4-я стр. обл.).

У остальных сортов (8,3%) из этой группы (*Алиас*, *Фортуна*, *Верность*) признаки повреждения отмечены на четвертый, максимальная степень (2 балла) – седьмой-девятый год.

В группе слабоустойчивых сортотипов с максимальной степенью повреждения 3,0 балла первые признаки выявлены уже на второй год после посадки у сорта *Кушнарёнковская*, третий – *Виноградная*, *Аркадия*, *Зеленая дымка*, *Наследница*, *Тарзан* (13,9%), четвертый (2016) – *Дачница*. У данных сортов (кроме

Динамика повреждения почковым клещом коллекционных сортов смородины черной по годам

Год	Степень устойчивости к почковому клещу, балл			
	до 1,0 (устойчивые)	2,0 (среднеустойчивые)	3,0 (слабоустойчивые)	4,0...5,0 (восприимчивые)
	47,2%	11,1%	19,4%	19,4%
2014	–	–	Кушнарёнковская	–
2015	Вологда (контроль), Бенефис, Поэзия, Мултка, Селеченская, Черный жемчуг, Орловская серенада, Воевода	Фортуна, Верность, Алиас	Виноградная, Аркадия, Зеленая дымка, Наследница, Тарзан	Экзотика, Валовая, Сеянец Голубки, Калиновка, Лазурь
2016	Карачинская, Подарок Кузюру	–	Дачница	Бобровая, Подарок Калининой
2017	Чижма, Ядрёная, Мила, Василиса, Спутник	Нежданчик	–	–
2018	–	–	–	–
2019	Гулливер	–	–	–
2020	Добрый Джинн	–	–	–
2021	–	–	–	–

Зеленой дымки) сохранялся невысокий уровень повреждения (0,5...1,0 балла) до 2019–2020 года (рис. 2, 4-я стр. обл.).

Изучение коллекционного материала смородины черной проводили на естественном инфекционном фоне, но при соблюдении мер защиты от фитофага (закладка плантаций оздоровленным посадочным материалом, профилактические обработки в период миграции вредителя, пространственная изоляция) могут быть увеличены сроки сохранения производственных посадок в свободном от почкового клеща состоянии. [6, 8] Таким образом, сорта со средней и слабой устойчивостью к вредителю можно рекомендовать для любительского и промышленного садоводства, в качестве исходного материала в селекции на устойчивость к фитофагу они непригодны.

К группе восприимчивых сортов можно отнести семь образцов (19,4%), из них раньше остальных первые признаки повреждения почковым клещом (третий год) были у *Экзотики*, *Валовой*, *Сеянца Голубки*, *Калиновки*, *Лазури*, у *Бобровой* и *Памяти Калининой* — на четвертый год (2016) (рис. 3, 4-я стр. обл.).

Все сорта данной группы быстро накапливали повреждение фитофагом, которое к шестому — седьмому году достигало максимума (4,0...5,0 балла), у сорта *Экзотика* высокую степень повреждения наблюдали уже с четвертого года.

Повреждение почковым клещом растений смородины черной — один из факторов, ведущих к снижению количества и качества урожая. Анализ взаимосвязи между степенью повреждения изучаемых сортов и урожайностью показал среднюю отрицательную связь ($r = -0,62$).

Выводы. В результате многолетнего изучения динамики накопления повреждений почковым клещом выделены сорта, которые дольше остальных остаются свободными от вредителя: *Александрина* (признаков повреждения не отмечено); *Добрый Джинн* и *Гулливер* (первые повреждения — на восьмой и седьмой год соответственно); *Чижма*, *Ядрёная*, *Мила*, *Василиса*, *Спутник*, *Нежданчик* (пятый год).

Сорта устойчивые к почковому клещу — перспективные для привлечения в селекционный процесс в качестве исходного материала и рекомендованы для производства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алпатова А.В. Особенности развития и вредоносности смородинового почкового клеща на красной и черной смородине // Селекция и сортоведение садовых культур. 2021. Т. 8. № 1-2. С. 5–7. <https://www.doi.org/10.24411/2500-0454-2021-10101>
- Бахотская А.Ю., Князев С.Д. Изучение интродуцированных сортов коллекции ВНИИСПК смородины черной по устойчивости к биотическим факторам, Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 3. С. 22–25. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/22-25>
- Вахрушева Н.С., Салтыкова Т.И., Софронов А.П. Итоги изучения элитных форм смородины черной селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока // Садоводство и виноградарство. 2021. №3. С. 5–10. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-3-5-15>
- Зейналов А.С. Почковые клещи на ягодных кустарниках // Защита и карантин растений. 2013. № 3. С. 45–48.
- Князев С.Д., Левгерова Н.С., Пикункина А.В. и др. Селекция черной смородины: методы, достижения, направления: монография. Орел: ВНИИСПК, 2016. 328 с.

- Ламонов В.В., Жидехина Т.В. Динамика накопления повреждений почковым клещом сортами смородины черной с различной степенью устойчивости // Вестник МичГАУ. 2011. № 1. Ч. 1. С. 58–61.
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
- Сазонов Ф.Ф., Евдокименко С.Н., Неброй К.Ю., Подгаецкий М.А. Оценка генофонда смородины черной ФГБНУ ФНЦ Садоводства по устойчивости к почковому клещу в условиях Брянской области // Садоводство и виноградарство. 2023. № 3. С. 28–36. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-3-28-36>
- Fenton B. et al. Gall mite molecular phylogeny and its relationship to the evolution of plant host specificity // Experimental and Applied Acarology. 2000. № 24. P. 831–861.
- Oldfield G.N. et al. Eriophyoid mites-their biology, natural enemies and control// Elsevier, Amsterdam.1996. P. 259–275.
- Roberts et al. Morphological and ultrastructural studies in three species of cecidophyopsis mites in ribes // VI International Symposium on Rubus and Ribes. 2001. P. 612–624.

REFERENCES

- Alpatova A.V. Osobennosti razvitiya i vredonosnosti smorodinovogo pochkovogo kleshcha na krasnoj i chernoj smorodine // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur. 2021. T. 8. № 1-2. S. 5–7. <https://www.doi.org/10.24411/2500-0454-2021-10101>
- Bahotskaya A.Yu., Knyazev S.D. Izuchenie introducirovannyh sortov kolekcii VNIISPК smorodiny chernoj po ustojchivosti k bioticheskim faktoram, Vestnik Rossijskoj sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2020. № 3. S. 22–25. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/22-25>
- Vahrusheva N.S., Saltykova T.I., Sofronov A.P. Itogi izucheniya elitnyh form smorodiny chernoj selekcii Federal'nogo agrarnogo nauchnogo centra Severo-Vostoka // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021. № 3. S. 5–10. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-3-5-15>
- Zejnalov A.S. Pochkovye kleshchi na yagodnyh kustarnikah // Zashchita i karantin rastenij. 2013. №3. S. 45–48.
- Knyazev S.D., Levgerova N.S., Pikunova A.V. i dr. Selekcija chernoj smorodiny: metody, dostizheniya, napravlenii: monografiya. Orel: VNIISPК, 2016. 328 s.
- Lamonov V.V., Zhidekhina T.V. Dinamika nakopleniya povrezhdenij pochkovym kleshchom sortami smorodiny chernoj s razlichnoj stepen'yu ustojchivosti // Vestnik MichGAU. 2011. № 1. Ch. 1. S. 58–61.
- Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel: VNIISPК, 1999. 608 s.
- Sazonov F.F., Evdokimenko S.N., Nebroy K.Yu., Podgaecikij M.A. Ocenka genofonda smorodiny chernoj FGBNU FNC Sadovodstva po ustojchivosti k pochkovomu kleshchu v usloviyah Bryanskoj oblasti // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2023. № 3. S. 28–36. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-3-28-36>
- Fenton B. et al. Gall mite molecular phylogeny and its relationship to the evolution of plant host specificity // Experimental and Applied Acarology. 2000. № 24. P. 831–861.
- Oldfield G.N. et al. Eriophyoid mites-their biology, natural enemies and control/ Elsevier, Amsterdam.1996. P. 259–275.
- Roberts et al. Morphological and ultrastructural studies in three species of cecidophyopsis mites in ribes // VI International Symposium on Rubus and Ribes. 2001. P. 612–624.

Поступила в редакцию 16.04.2024
Принята к публикации 30.05.2024

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ДИНАМИКУ ЭМИССИИ CO_2 , УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА

Вера Алексеевна Свирина, старший научный сотрудник

Виталий Геннадьевич Черногаев, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
с. Подвязые, Рязанская обл., Россия

E-mail: svirina-vera@mail.ru

Аннотация. В полевом опыте исследовали влияние повторного внесения извести на эмиссию CO_2 из почвы, урожай и качество растительной продукции с применением минеральных удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве. В результате известкования, улучшения кислотного режима в почве создаются предпосылки к усилению жизнедеятельности полезных микроорганизмов. Выявлено, что повышение биологической активности (эмиссия углекислого газа) на фоне минеральных удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ и CaCO_3 обеспечивает высокую урожайность и качество продукции, способствует благоприятным условиям сохранения плодородия почвы и в большей степени стимулирует развитие микроорганизмов, использующих минеральные формы нитратного азота. При систематическом применении минеральных удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ в звене севооборота повышаются показатели качества возделываемых культур (питательная ценность зеленой массы клевера, содержание сырого протеина, белка, клейковины, крахмала в зерне ячменя, натуры зерна в озимой пшенице). В разные по погодным условиям годы получено зерно с высоким содержанием сырой клейковины, белка, натуры в зерне озимой пшеницы, крахмала в ячмене, зольных элементов питания в клевере. Наилучшим оказался вариант с использованием доломитовой муки и $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$. Все рассматриваемые показатели качества озимой пшеницы под влиянием удобрений и извести улучшались, разница с контролем составляла: белок — 0,64–1,78%; сырая клейковина — 1,6–4,3%; натура зерна — 11–26 г/л. Наибольшая продуктивность получена при внесении минеральных удобрений и извести: ячмень — 3,53 т/га, сено клевера первого года пользования — 77,53, озимая пшеница — 7,89 т/га, по сравнению с контролем без применения удобрений.

Ключевые слова: доломитовая мука, минеральные удобрения, звено севооборота, урожайность, качество продукции, яровой ячмень, клевер первого года пользования, озимая пшеница, эмиссия углекислого газа

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND LIMING ON THE DYNAMICS OF CO_2 EMISSIONS, CROP YIELD AND QUALITY OF CROP PRODUCTS OF CROP ROTATION LINK

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,
Podvazye village, Ryazan region, Russia

E-mail: svirina-vera@mail.ru

Abstract. In the field experiment was investigated the effect of repeated lime application on CO_2 emissions from the soil, yield and quality of plant products against the background of mineral fertilizers $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ on dark gray forest heavy loamy soil. As a result of liming and improvement of the acid regime in the soil, prerequisites are created to enhance the vital activity of beneficial microorganisms in the experiment. It was revealed that an increase in biological activity (carbon dioxide emissions) against the background of the application of mineral fertilizers $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ and CaCO_3 ensures high yield and product quality, contributes to favorable conditions for preserving soil fertility and to a greater extent stimulates the development of microorganisms using mineral forms of nitrate nitrogen. With the systematic use of mineral fertilizers $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ at the stage of crop rotation, an increase in the quality of cultivated crops was noted (the nutritional value of the green mass of clover; the content of crude protein, protein, gluten, starch in barley grain; the nature of grain in winter wheat). In different years of research, according to weather conditions, grain with a high content of crude gluten, protein, nature in winter wheat grain, starch in barley, ash nutrition elements in clover was obtained. The best option turned out to be using dolomite flour and ($\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$). All the considered quality indicators of winter wheat improved under the influence of fertilizers and lime, and the difference with the control was: protein — 0,64–1,78%; crude gluten — 1,6–4,3%; grain nature — 11–26 g/l. The highest productivity was obtained when applying mineral fertilizers and lime: barley — 3,53 t/ha, clover hay of the first year of use — 77,53 t/ha, winter wheat — 7,89 t/ha, compared with the control without the use of fertilizers.

Keywords: dolomite flour, mineral fertilizers, crop rotation link, yield, product quality, spring barley, first-year clover, winter wheat, carbon dioxide emissions

Цель современной технологии производства зерновых культур — получение высоких урожаев с наилучшим качеством зерна. [5, 11]

Минеральные удобрения считаются важнейшим элементом интенсификации сельскохозяйственного производства, влияют на трансформационные процессы, определяющие агрохимическое и биологическое состояние почвы, продуктивность севооборота и качество урожая сельскохозяйственных культур. [8, 12]

Актуально применение совместно с минеральными удобрениями мелиоранта (доломитовая мука), как

наиболее экологически безопасного химиката для усиления круговорота элементов питания. [3, 10, 14]

У известкования нет конкурентов в решении многих природоохранных задач, в том числе и проблемы плодородия. С известью попадают в почву необходимые для растений кальций и магний. На известкованных почвах в два-три раза снижается поступление в растения радионуклидов стронция и цезия. [3, 6, 7] Известно, что взаимодействие извести и фосфорных удобрений благоприятно сказывается на урожайности ярового ячменя, озимых тритикале и пшеницы. [13] При известковании повышается отдача от удобрений

в севообороте до 30%, улучшается заселенность почвы полезными микроорганизмами. [1, 2, 12]

Впервые в условиях Рязанской области провели исследование изменения показателей состояния почвенной среды по выделению углекислого газа при возделывании культур в звене севооборота.

Цель работы — изучить влияние систематического применения минеральных удобрений и известкования на динамику CO_2 , урожайность и качество зерновых культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевой опыт закладывали в 2018–2021 годах, оценивали действие систематического применения минеральных удобрений и известкования на динамическое состояние CO_2 , урожайность и качество культур звена севооборота в условиях Института семеноводства и агротехнологий — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Рязанская обл.) на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве.

Агрохимические показатели: содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91) в варианте без удобрений — 3,05%, на фоне $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ — 3,10%, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) — 106 и 190 мг/кг почвы, обменного калия по Кирсанову (ГОСТ 54650-2011) — 92 и 123 мг/кг почвы, $\text{pH}_{\text{сол.}}$ (ГОСТ 26489-85) — 5,04 и 4,78 ед., обменного магния (ГОСТ 26487-85) — 2,2 и 2,4 мг-экв./100 г почвы, гидролитическая кислотность (Нг) — 4,69 и 5,86 мг-экв./100 г почвы соответственно. [9]

Опыт проводили по схеме в севообороте (ячмень + клевер, клевер первого года пользования, озимая пшеница): фактор А — удобрения NPK и $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$; фактор В — известкование.

Мелиорант — доломитовая мука (ГОСТ 14050-93). Ее вносили осенью 2017 года под зяблевую обработку почвы. Дозы извести 1,5 г.к. рассчитывали по гидролитической кислотности. Повторное внесение CaCO_3 — 6,9 т/га на фоне NPK и 8,8 т/га $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$.

В качестве минеральных удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ применяли нитрофоску марки 16:16:16.

Учетная площадь делянки — 90 м², повторность — четырехкратная. Урожай зерновых культур убирали в фазе полной спелости комбайном Сампо 130. Агротехника — общепринятая для зоны. В опыте высевали районированные сорта сельскохозяйственных культур: ячмень *Яромир*, клевер *Благодать*, озимая пшеница *Даная*.

Для статистической оценки результатов использовали метод дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. [4]

Определяли массу 1000 зерен. Содержание белка, клейковины находили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе цельного зерна Infratek™ 1241. Биологическую активность по эмиссии углекислого газа устанавливали методом Штанова (1952), качественные характеристики зерна — по ГОСТам 12042-80 и 12044-93, химический и биохимический состав зерна — общепринятыми стандартными методами.

Погодные условия 2018–2020 годов отличались нестабильностью (табл. 1).

Вегетационный период 2018 года характеризовался неблагоприятными засушливыми условиями для развития яровых культур. Первый месяц (май) вегетации растений был теплее климатической нормы (19,2°C) на 6,6°C. В июне (20,3°C) среднее отклонение от нормы составило 3,3°C. На фоне повышения среднесуточной температуры воздуха наблюдали дефицит осадков на 44,4 мм от нормы. Основная масса атмосферных осадков (76,6 мм) выпала в июле, среднемесячная температура воздуха при этом была на 4,0°C выше среднесуточных значений. Сумма активных температур выше 10°C составила 1944 (климатическая норма — 2000...2200°C). ГТК в 2018 году — 0,59 (засушливый) был ниже среднесуточного значения.

Вегетационный период 2019 года отличался неблагоприятными условиями, особенно в I и II декадах июня, ГТК = 0,14. Среднемесячная температура воздуха в июле, августе была на 0,4...1,9°C выше среднесуточной. Сумма активных температур — 2187°C, ГТК = 0,73.

Метеоусловия вегетационного периода 2020 года увлажненные. Средняя температура воздуха за май–сентябрь — 17,1°C, сумма активных температур — 1912°C, коэффициент влагообеспеченности — 1,39.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Поскольку образование диоксида углерода (CO_2) связано с биологическими процессами, протекающими в почве, то количество выделившейся углекислоты характеризует общую биогенность почвы и отражает эффективное плодородие (табл. 2).

Наиболее интенсивное выделение диоксида углерода было в варианте под влиянием минеральных удо-

Таблица 1.

Метеорологические условия по годам

Показатель	Месяц	2018	± к среднесуточному	2019	± к среднесуточному	2020	± к среднесуточному	Среднесуточное
Среднесуточная температура воздуха, °C	Май	19,2	+6,6	19,1	+6,5	14,0	+1,4	12,6
	Июнь	20,3	+3,3	22,7	+5,7	20,9	+3,9	17,0
	Июль	23,1	+4,0	19,5	+0,4	22,5	+3,4	19,1
	Август	23,6	+6,4	19,1	+1,9	19,9	+2,7	17,2
	Сентябрь	17,5	+6,3	14,8	+3,6	16,4	+5,2	11,2
Осадки, мм	Май	27,8	-12,2	48,0	+8,0	57,1	-26,0	40,0
	Июнь	10,6	-44,4	38,2	-16,8	112,9	+57,9	55,0
	Июль	76,6	+11,6	38,2	-26,8	55,5	-9,5	65,0
	Август	1,4	-35,6	36,4	-18,6	66,0	+11,0	55,0
	Сентябрь	30,5	-9,5	11,8	-28,2	31,6	-8,4	40,0

брений и извести ($N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$), где наблюдали закономерность: эмиссия CO_2 возрастала на 31,6% под ячменем с подсевом клевера, 44,3 – клевером первого года пользования и 48,8% – озимой пшеницей.

Наименьшее продуцирование CO_2 с поверхности почвы под культурами звена севооборота было при $NPK + CaCO_3$ – 26,2%, 28,0, 29,5% соответственно.

В среднем по культурам в варианте без удобрений и извести был самый низкий показатель эмиссии углерода – 204,1 мг $CO_2/м^2\cdot ч$.

В опыте с ежегодным внесением $N_{90}K_{90}P_{90}$ + известь (8,8 т/га) усиливалась активность по продуцированию диоксида углерода. Данный показатель находился на уровне 407,8 мг $CO_2/м^2\cdot ч$ только с минеральными удобрениями и известью, прибавка составила 41,7% (табл. 2).

Урожай возделываемых культур в звене севооборота определяется активностью протекающих в почве биологических процессов, внесением минеральных и известковых удобрений (табл. 3).

За все годы исследований преимущество было за минеральными удобрениями, внесенными с известью. Урожайность ячменя повысилась до 3,53 т/га, прибавка – 1,08 т/га (44,1%). Минимальная отдача выявлена при $NPK + известь$ в дозе 6,9 т/га и составила 0,21 т/га (8,6%), $НСР_{0,5\text{изв}}$ – 0,1 т/га. Длительно неудобренный вариант отличался относительно низкой урожайностью – 2,45 т/га. Высокий эффект от известкования и удобрений наблюдали в последствии на клевере первого года пользования в сумме двух укосов (сухая масса) и озимой пшенице.

Таблица 2.

Активность эмиссии углекислого газа из почвы CO_2 мг/м²·ч при известковании и применении минеральных удобрений в слое 0...30 см по годам

Вариант	2018 ячмень + клевер		2019 клевер		2020 озимая пшеница		Среднее	
	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%*	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%*	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%*
$N_{90}P_{90}K_{90}$	136,2	–	165,1	–	311,0	–	204,1	–
$N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$	171,9	+26,2	211,5	+28,1	402,8	+29,5	262,1	+28,4
$N_{90}P_{90}K_{90}$	239,7	–	233,8	–	390,0	–	287,8	–
$N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$	315,5	+31,6	337,4	+44,3	580,5	+48,8	407,8	+41,7
$НСР_{0,5\text{уд}}$	53,7	–	59,83	–	17,12	–	–	–
$НСР_{0,5\text{изв}}$	22,8				13,13			

Примечание. * Прибавка в варианте с известкованием.

Таблица 3.

Урожайность культур звена севооборота в зависимости от действия минеральных удобрений и извести, т/га

Показатель		Вариант			
		без удобрений		с удобрениями	
		без известкования (NPK)	с известкованием (NPK + CaCO ₃)	без известкования (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	с известкованием (N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃)
2018 год, ячмень + клевер, первый год звена севооборота					
Урожайность, т/га		2,45	2,66	3,12	3,53
Прибавка	общая, т/га	–	+0,21 (+8,6%)	+0,67 (+27,3%)	+1,08 (+44,1%)
	от извести	–	+0,21 (+8,6%)	–	+0,41 (+13,1%)
	от NPK	–	–	+0,67 (+27,3%)	+1,08 (+44,1%)
НСР _{0,5уд}		0,10			
НСР _{0,5изв}		0,10			
2019, клевер первого года пользования (сумма двух укосов)					
Урожайность, т/га		5,64	6,18	6,44	7,75
Прибавка	общая, т/га	–	+0,54 (+9,6%)	+0,80 (+14,21%)	+2,11 (+37,4%)
	от извести	–	+0,54 (+9,6%)	–	+1,31 (+20,3%)
	от NPK	–	–	+0,80 (+14,21%)	+2,11 (+37,4%)
НСР _{0,5уд}		0,81			
НСР _{0,5изв}		0,42			
2020, озимая пшеница					
Урожайность, т/га		5,25	6,35	6,49	7,89
Прибавка	общая, т/га	–	+1,10 (+21,0%)	+1,24 (+23,6%)	+2,64 (+50,3%)
	от извести	–	+1,10 (+21,0%)	–	+1,40 (+21,6%)
	от NPK	–	–	+1,24 (+23,6%)	+2,64 (+50,3%)
НСР _{0,5уд}		0,13			
НСР _{0,5изв}		0,18			

Таблица 4.

Показатели качества культур звена севооборота в зависимости от минеральных удобрений и извести

Вариант	Ячмень+ клевер			Клевер первого года пользования (зеленая масса)				
	Масса 1000 зерен, г	Крахмал, %	Белок, %	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %
NPK	44,4	46,36	9,0	2,60	0,18	1,79	1,71	1,61
NPK + CaCO ₃	45,7	49,44	10,0	2,60	0,19	1,79	1,62	1,63
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	46,3	46,30	9,72	2,56	0,20	2,17	1,74	1,64
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃	46,9	54,80	10,34	2,69	0,22	2,38	1,79	1,70

На известкованном фоне с минеральными удобрениями прирост урожая клевера первого года пользования в сумме двух укосов (сухая масса) — 1,31 т/га (20,3%), в варианте с известкованием без удобрений — 0,54 т/га (9,6%) по отношению к контролю.

Закономерности действия минеральных и известковых удобрений на урожайность озимой пшеницы были такими же, как и на других культурах звена севооборота. Максимальная урожайность озимой пшеницы отмечена при внесении N₉₀P₉₀K₉₀ + CaCO₃ — 7,89 т/га, общая прибавка в 1,5 раза превысила контроль — 2,64 т/га (50,3%). Прибавка от извести — 1,40 т/га (21,6%).

Под влиянием минеральных удобрений на фоне известкования формировалось повышенное количество белка, клейковины, крахмала в ячмене, росла питательная ценность клевера (табл. 4).

Важный показатель питательной ценности зерна — содержание белка. Он целиком зависит от обеспеченности азотным питанием в сочетании с фосфорно-калийными удобрениями, известью.

Выявлено, что содержание белка в зерне ячменя варьировало от 9,0 до 10,34%, прибавка от N₉₀P₉₀K₉₀ и извести — 1,34%.

Удобрения и CaCO₃ повышали содержание в зерне ячменя крахмала до 54,8%. Прибавка к варианту без удобрений и извести составила 8,44%, без удобрений (NPK + CaCO₃) — 3,08%.

Повторное известкование улучшает качество продукции клевера первого года пользования. Преобладание каждого элемента (N, P₂O₅, K₂O) приводит к увеличению их концентрации.

На минеральном фоне с доломитовой мукой в наибольшей степени возрастало содержание азота (2,69%) и калия (2,38%), на неудобренном фоне с CaCO₃ — 2,60 и 1,79% соответственно, в меньшей — фосфора (0,19...0,22%).

Содержание кальция и магния в зеленой массе клевера имело тенденцию к повышению при внесении N₉₀P₉₀K₉₀ + CaCO₃ — 1,79 и 1,70% соответственно (табл. 4).

При выращивании озимой пшеницы важен не только количественный рост урожая, но и повышение его качества из-за увеличения содержания белка и клейковины (табл. 5).

Все рассматриваемые показатели качества озимой пшеницы под влиянием удобрений и извести улучшались, разница с контролем: белок — 0,64...1,78%; сырая клейковина — 1,6...4,3%; натура зерна — 11...26 г/л.

С повышением уровня минерального питания возрастает масса 1000 семян ячменя — с 44,4 до 46,9 г. Самые крупные семена были на фоне применения минеральных удобрений и извести (46,9 г).

Наибольшее содержание белка (12,9%) в зерне озимой пшеницы наблюдали в варианте с минеральными

удобрениями N₉₀P₉₀K₉₀ и известью, на 1,7% выше контроля, что позволяет отнести ее к ценной и сильной. В варианте без удобрений содержание белка составляло 11,12% (продовольственная).

Содержание сырой клейковины по опыту повысилось с 23,3 (контроль) до 27,6% при N₉₀P₉₀K₉₀ + CaCO₃, что выше на 4,3%, чем в контроле. Это показывает закономерность по улучшению качества зерна при использовании минеральных удобрений и извести.

Показатель ИДК, характеризующий изменение и сопротивление деформации клейковины — 65...75 ед. (пшеница оценивается как хорошая), в варианте без удобрений ИДК составил 80 ед. (удовлетворительно слабая).

Внесение извести на фоне применения минеральных удобрений (N₉₀P₉₀K₉₀) на темно-серой лесной почве способствует улучшению натуры зерна.

В соответствии с требованиями ГОСТ 52554, для ценного зерна она должна составлять не менее 730 г/л. Натурная масса зерна озимой пшеницы варьировала от 759 до 785 г/л. Максимальный показатель (785 г/л) отмечен на удобренном варианте с доломитовой мукой, что выше на 26 г/л, чем в варианте без удобрений (табл. 5).

Экономическую эффективность применения доломитовой муки в сочетании с минеральными удобрениями на темно-серой лесной почве (2018–2020 годы) на посевах ячменя, клевера первого года пользования, озимой пшеницы определяли стоимостью прибавки, затратами на внесение удобрений и их дозами.

Условно-чистый доход при возделывании ячменя равен соответственно 605 и 2060 руб./га, клевера первого года пользования — 1396 и 4599 руб./га, озимой пшеницы — 3260 и 5049 руб./га.

Выводы. В результате известкования и улучшения кислотного режима создаются предпосылки к усилению жизнедеятельности полезных микроорганизмов. Этим объясняется положительное влияние извести на содержание в растениях азота, зольных элементов питания, белка и клейковины.

Таблица 5.

Влияние минеральных удобрений и извести на показатели качества озимой пшеницы

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Сырая клейковина, %	ИДК ед.	Натурная масса, г/л
NPK	40,3	11,12	23,3	80,0	759
NPK + CaCO ₃	40,8	11,76	24,9	75,0	770
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	42,2	11,80	25,1	68,0	769
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃	44,0	12,90	27,6	65,0	785

Интенсивность выделения углекислого газа в период наиболее активной жизнедеятельности растений свидетельствует о высокой минерализации органического вещества в почве.

Использование минеральных удобрений и известкования на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в звене севооборота обеспечило высокую урожайность и качество растениеводческой продукции. Таким образом, при возделывании сельскохозяйственных культур на темно-серой лесной почве, при совместном применении $N_{90}P_{90}K_{90}$ и известии урожайность ячменя составила 3,53 т/га, сена клевера первого года пользования — 77,53, озимой пшеницы — 7,89 т/га, по сравнению с контролем без удобрений.

В разные по погодным условиям годы получено зерно с высоким содержанием сырой клейковины, белка, натуры в зерне озимой пшеницы, крахмала в ячмене, зольных элементов питания в клевере. Наилучшим оказался вариант с доломитовой мукой и $N_{90}P_{90}K_{90}$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Влияние приемов основной обработки почвы и растительной биомассы на продуктивность культур в звене севооборота // *Плодородие*. 2019. № 5 (110). С. 41–45. EDN: WGYZER. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.110.12>
- Гладышева О.В., Пестряков А.М., Свирина В.А., Красников Н.Г. Известкование для улучшения плодородия темно-серой лесной почвы // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2014. № 6. С. 26–27. EDN: SYJUWB.
- Голосной Е.В., Агеев В.В., Подколзин А.И. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности // *Агрохимический вестник*. 2013. № 2. С. 33–35. EDN: RDUQVH.
- Доспехов Г.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 351 с.
- Кануков З.Т., Дзанагов С.Х., Басиев А.Е. и др. Урожай и качество продукции культур севооборота при удобрении выщелоченного чернозема // *Плодородие*. 2009. № 4(49). С. 41–42. EDN: KYVSUV.
- Лешкенев А.М., Занилов А.Х., Крылова М.Ф. Влияние биологической активности почвы на содержание органического вещества на фоне возрастающих доз минеральных удобрений // *Земледелие*. 2022. № 7. С. 11–15. EDN: OZFKQO. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-7-11-15>
- Ломако Е.И., Алиев Ш.А. Известкование почв Республики Татарстан. Казань: ООО «Центр инновационных технологий», 2004. 272 с. EDN: XGJBFZ.
- Матюк Н.С., Полин В.Д., Шевченко В.А., Соловьев А.М. Активность микроорганизмов дерново-подзолистой почвы в различных агроэкосистемах // *Плодородие*. 2020. № 2(113). С. 61–64. EDN: VRPUDG.
- Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд. МГУ, 2001. 689 с.
- Налиухин А.Н., Власова О.А., Ерегин А.В. и др. Продуктивность полевого севооборота при различных системах удобрения и известкования // *Плодородие*. 2020. № 4 (115). С. 30–34. EDN: ETLXSL. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.09>
- Федорова А.В., Бахвалова С.А., Демьянова-Рой Г.Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Плодородие*. 2022. № 5 (128). С. 30–32. EDN: UQEZFE. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.08>
- Чухина О.В., Суров В.В., Токарева Н.В., Анфимова С.Л. Качество и урожайность культур звена севооборота при применении удобрений и микробиологических препаратов в Вологодской области // *Плодородие*. 2015. № 1 (82). С. 25–29. EDN: THJMGV.
- Holland J.E., White P.J., Glendinning M.J. et al. Yield responses of arable crops to liming — An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment, *European Journal of Agronomy*. 2019. Vol. 105. P. 176–188. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.016>
- Li Y., Cui S., Chang S.X. et al. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *J Soils Sediments* 19. 2019. P. 1393–1406. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2>

REFERENCES

- Ahmetzyanov M.R., Talanov I.P. Vliyanie priemov osnovnoy obrabotki pochvy i rastitel'noy biomassy na produktivnost' kul'tur v zvene sevooborota // *Plodorodie*. 2019. № 5 (110). S. 41–45. EDN: WGYZER. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.110.12>
- Gladysheva O.V., Pestryakov A.M., Svirina V.A., Krasnikov N.G. Izvestkovanie dlya uluchsheniya plodorodiya temno-seroj lesnoj pochvy // *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skhozaystvennyh nauk*. 2014. № 6. S. 26–27. EDN: SYJUWB.
- Golosnoj E.V., Ageev V.V., Podkolzin A.I. Vliyanie sistem udobrenij na urozhajnost' i kachestvo kul'tur zvena sevooborota na chernozeme vyshchelochennom Stavropol'skoj vozvyshennosti // *Agrohimicheskij vestnik*. 2013. № 2. S. 33–35. EDN: RDUQVH.
- Dospekhov G.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat. 351 s.
19. Kanukov Z.T., Dzanagov S.H., Basiev A.E. i dr. Urozhaj i kachestvo produkcii kul'tur sevooborota pri udobrenii vyshchelochennogo chernozema // *Plodorodie*. 2009. № 4 (49). S. 41–42. EDN: KYVSUV.
- Leshkenov A.M., Zanirov A.H., Krylova M.F. Vliyanie biologicheskoy aktivnosti pochvy na sodержание organicheskogo veshchestva na fone vozrastayushchih doz mineral'nyh udobrenij // *Zemledelie*. 2022. № 7. S. 11–15. EDN: OZFKQO. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-7-11-15>
- Lomako E.I., Aliev Sh. A. Izvestkovanie pochv Respubliki Tatarstan. Kazan': OOO "Centr innovacionnyh tekhnologij", 2004. 272 s. EDN: XGJBFZ.
- Matyuk N.S., Polin V.D., Shevchenko V.A., Solov'ev A.M. Aktivnost' mikroorganizmov dernovo-podzolistoj pochvy v razlichnyh agroekosistemah // *Plodorodie*. 2020. № 2 (113). S. 61–64. EDN: VRPUDG. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.18>
- Mineev V.G. i dr. Praktikum po agrohimii. M.: Izd. MGU, 2001. 689 s.
- Naliuhin A.N., Vlasova O.A., Eregina A.V. i dr. Produktivnost' polevogo sevooborota pri razlichnyh sistemah udobreniya i izvestkovanii // *Plodorodie*. 2020. № 4 (115). S. 30–34. EDN: ETLXSL. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.09>
- Fedorova A.V., Bahvalova S.A., Dem'yanova-Roj G.B. Vliyanie azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy // *Plodorodie*. 2022. № 5(128). S. 30–32. EDN: UQEZFE. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.08>
- Chuhina O.V., Surov V.V., Tokareva N.V., Anfimova S.L. Kachestvo i urozhajnost' kul'tur zvena sevooborota pri prim-

- enenii udobrenij i mikrobiologicheskikh preparatov v Vologodskoj oblasti // Plodorodie. 2015. № 1 (82). S. 25–29. EDN: THJMGV.
13. Holland J.E., White P.J., Glendining M.J. et al. Yield responses of arable crops to liming – An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment, European Journal of Agronomy. 2019. Vol. 105. P. 176–188. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.016>
14. Li Y., Cui S., Chang S.X. et al. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. J Soils Sediments 19. 2019. P. 1393–1406. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2>.

Поступила в редакцию 20.05.2024

Принята к публикации 03.06.2024

УДК 631.4:581.55(470.67)

DOI: 10.31857/S2500208224050119, EDN: zsqskw

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КОЧУБЕЙСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

Муслимат Агасултановна Бабаева, кандидат биологических наук

Светлана Викторовна Осипова

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

Аннотация. Представлены результаты многолетних наблюдений за изменениями пространственной структуры растительного покрова пастбищных ландшафтов Кочубейской биосферной станции (КБС) в связи с глобальным потеплением климата. Аридные пастбищные ландшафты из-за особенностей своей пространственной структуры (наличие полупустынных группировок растительности) считаются также хорошим индикатором климатических изменений. Изучена пространственная структура и современное состояние аридных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия на территории КБС. Проведен анализ биологического разнообразия видов, выявлены тренды антропогенной трансформации аридных ландшафтов региона. Установлено, что основные причины сокращения биоразнообразия – фрагментация местообитаний, внедрение чужеродных и расселение аборигенных видов за пределы ареала, экотонизация и островизация пастбищных экосистем, смещение границ ареалов. Поскольку цель сохранения компонентов биоразнообразия растительности – уменьшение нагрузок, вызываемых изменением климата, адаптационные меры должны быть направлены на снижение темпов фрагментации и деградации пастбищных ландшафтов. Вклад антропогенной деградации земель в опустынивание подтверждается значимым линейным трендом межгодовых колебаний показателей пастбищной дигрессии в регионе, приводящей к образованию «островов» антропогенного опустынивания, время жизни которых определяется влиянием человека и флуктуациями осадков.

Ключевые слова: глобальное потепление климата, растительный покров, экосистемы, антропогенный ландшафт, флористические комплексы

CHANGES IN THE SOIL AND VEGETATION COVER OF THE KOCHUBEY BIOSPHERE STATION UNDER GLOBAL WARMING IN RECENT YEARS

M.A. Babaeva, PhD in Biological Sciences

S.V. Osipova

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

Abstract. Objectives: The study and long-term observations of changes in the spatial structure of vegetation cover of pasture landscapes of the Kochubey Biosphere Station (KBS) due to global climate warming. Arid pasture landscapes, due to the peculiarities of their spatial structure (the presence of semi-desert vegetation groupings) are a good indicator of modern climatic changes. To achieve this goal, the spatial structure and the current state of the arid landscapes of the Northwestern Caspian Sea in the territory of the KBS have been studied. The analysis of the biological diversity of species was carried out. Also the characteristics of the common features of seasonal dynamics of landscapes were studied. Moreover, trends of climatic changes in the landscape structure of the territory and trends in anthropogenic transformation of arid landscapes of the region were identified. It has been revealed that the main reasons for the reduction of biodiversity are habitat fragmentation, the introduction of alien species, the settlement of native species outside the range, ecotonezation and “islandization” of pasture ecosystems, and the displacement of range boundaries. Since the goal of preserving the components of vegetation biodiversity is to reduce the pressures caused by climate change, adaptation measures should be aimed at reducing the rate of fragmentation and degradation of pasture landscapes. Monitoring observations have shown that over the last 20-century period there have been rhythmically repeating changes in climate and soil and vegetation cover, which indicates

high mobility of vegetation. It has been established that the contribution of anthropogenic land degradation to desertification is confirmed by a significant linear trend in interannual fluctuations in indicators of pasture digression in the region. It has been established that the contribution of anthropogenic land degradation to desertification is confirmed by a significant linear trend in interannual fluctuations in indicators of pasture digression in the region. Due to excessive pasture digression, "islands" of anthropogenic desertification are formed here, the lifespan of which is determined by human influence and precipitation fluctuations.

Keywords: global warming, vegetation, ecosystems, anthropogenic landscape, floristic complexes

За последние сто лет, по данным сети Росгидромета, потепление климата в России составило 1,29°C при среднем глобальном – 0,74°C. По результатам экспериментальных наблюдений на территории Северо-Западного Прикаспия установили, что при колебании осадков в пределах климатических норм (КН), с 2001 по 2010 год среднегодовая температура превысила КН на 1,2...1,3°C, усилилась аридизация светло-каштановых почв и связанные с ней процессы засоления. [4, 5]

В последние десятилетия в связи с глобальным потеплением климата произошли большие изменения в пастбищных экосистемах северных районов Дагестана. Под влиянием неравномерного стихийного выпаса скота обширные массивы коренных высокопродуктивных ковыльных и типчаково-прутьяковых сообществ превратились в малоценные полынно-солянковые. Это касается пастбищ, где 70% территории подвержено деградации из-за интенсивного антропогенного воздействия, в результате образовались очаги опустынивания, имеющие тенденцию к распространению вглубь республики. [1–3, 7]

Цель работы – изучение пространственной структуры, многолетней и сезонной динамики растительного покрова пастбищных ландшафтов Республики Дагестан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 2010 по 2023 год вели наблюдения за растительным покровом на территории Кочубейской биосферной станции (КБС). Почвенный покров – светло-каштановые карбонатные средnezасоленные разновидности и песчаные массивы в комплексе со светло-каштановыми почвами.

Растительные ассоциации – сообщества из галофитных ксерофитов, эдификаторов, доминантов в зависимости от экологических условий и режима использования.

Климат – сухой континентальный. Годовая сумма осадков – 150...320 мм, низкая обеспеченность влагой, большая испаряемость, максимальная температура воздуха летом – 40...45°, 55 дн. в году преобладает сильный иссушающий юго-восточный ветер. Мониторинг за флористическим составом проводили на стационарных площадках в течение пастбищного сезона, один раз в месяц на протяжении многих лет. Определяли влажность почвы. Использовали данные метеостанции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В связи с потеплением климата и другими факторами на территории Кочубейской биосферной станции произошли значительные изменения природной среды (разрушение растительно-почвенного покрова, появление пыльных бурь, увеличение площади развесаемых песков). [6, 7]

С 2010 по 2023 год наблюдали постепенное разражение и исчезновение 19 видов из 56 существующих, а

также отмирание ценных кормовых растений и их смену на ксерофитные сорняки.

Антропогенный видоизмененный ландшафт сформировался из-за иссушения верхнего слоя почвы при высокой температуре в летний период.

Пастбищные угодья КБС от длительного использования и потепления климата в полупустынных условиях находятся на грани полной потери естественной кормовой растительности и превращения почвенного покрова в сплошной песчаный массив. Устанавливается сухой лимитирующий период для растений, способствующий изживанию видовой состав. Характерные виды флоры для данной местности (колосник песчаный, разнотравье, полыни, козлородник, солянки, солерос травянистый) нетребовательны и успешно переносят засуху, легко приспосабливаются к негативным факторам среды. В растительном покрове сообщества уменьшается флористическое разнообразие и численность ценных кормовых видов разнотравья (ковыль, типчак, влаголюбивые злаковые).

Они вытесняются однолетними злаковыми ксерофитными видами. Происходит замена злаков (*Bromus*, *Poa*, *Festuca*), снижается продуктивность пастбищных фитоценозов, площадь проективного покрытия составляет 10...20% и уменьшается устойчивость сообществ к засухе (см. таблицу).

Из семейства злаковых на стадии исчезновения находится *Stipa*, редкими стали пастбищные травы *Agropyron*, *Festuca*, *Elytrigia répens*, их вытеснили такие растения, как *Bromus tectorum*, *B. squarrosus* и различные виды *Eremopyrum*.

В депрессивных растительных сообществах повышается ценотическая роль *Stipa* и *Poa bulbosa*. Одновременно появляются сорные виды – *Veronica arvensis*, *Arabidopsis thaliana*, *Trigonella orthoceras*, *Sonchus asper* и другие. При этом снижается флористическое разнообразие, видовая насыщенность сорных растений. Растительный покров участков с ненормированной нагрузкой представлен полынно-типчаковой и солянково-разнотравно-полынной ассоциациями, из которых доминантные – сообщества полыней, где индикаторами считаются *Artemisia taurica*, *Eremopyrum orientale*, *E. triticeum*. Роль эдификатора переходит к ксерофитным растениям полустаричкам, сменяются сообщества, полынно-разнотравное трансформируется в полынно-многолетнее-солянковое. Видовой состав солянок также изменился, уменьшилось количество многолетних (*Kochia* и *Camphorosma*). Виды *Salsola* поедаются только, если нет других кормовых растений. Они активно доминируют, поскольку приспособлены к условиям по своим морфологическим особенностям, их присутствие – признак деградированных пастбищных фитоценозов. Растительность таких пастбищ представлена полынно-однолетне-солянковым комплексом, индикаторы этого сообщества однолетние полыни *Artemisia taurica* и *Artemisia salsoloides*. Постепенно исчезают из семейства злаковых – *Festuca valesiaca*, *Phleum paniculatum*, *Eremopyrum triticeum*,

Виды растений на территории Кочубейской биосферной станции по годам

Вид	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Alýssum desertórum</i>	65	55	45	30	28	29	30	30	25	20	10	—	—	—
<i>Arabis thaliana</i>	50	48	44	40	35	35	40	45	17	40	35	35	30	30
<i>Agropyron repens</i>	75	80	80	70	65	55	50	45	33	25	10	15	10	—
<i>Agropyron cristatum</i>	80	80	80	70	70	65	60	55	50	45	25	20	15	—
<i>Agropyron desertorum</i>	70	75	75	70	65	60	60	55	50	50	25	30	25	20
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	50	55	55	50	45	30	28	30	33	33	25	20	15	10
<i>Amaránthus retrofléxus</i>	70	75	75	65	60	55	50	55	58	60	55	55	60	60
<i>Átriplex tatárica</i>	67	70	70	65	60	65	50	55	35	30	20	15	—	—
<i>Atriplex patula</i>	17	18	18	15	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Artemisia taurica</i>	100	100	100	95	98	92	95	100	100	98	99	98	95	94
<i>Artemisia lercheana</i>	85	80	80	75	75	70	70	80	65	65	60	50	50	50
<i>Artemisia arenaria</i>	90	95	95	90	85	85	80	80	85	75	70	70	70	65
<i>Artemisia monogina</i>	100	100	100	90	95	85	75	80	80	95	90	80	85	80
<i>Astragalus sp.</i>	30	25	20	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Bromus mollis</i>	90	95	95	85	85	80	80	80	75	75	70	75	70	60
<i>Bromus tectorum</i>	90	90	80	70	70	60	50	45	45	50	50	50	45	45
<i>Bromus squarrosus</i>	67	68	68	60	55	52	60	67	55	50	35	50	45	45
<i>Bromopsis inermis</i>	33	30	35	25	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Calligonum aphyllum</i>	55	50	52	48	45	45	35	33	33	32	20	28	25	15
<i>Camphorosma lessingii</i>	55	60	60	40	45	45	40	28	17	10	—	—	—	—
<i>Carduus stenocephalus</i>	33	33	33	30	32	28	28	25	23	23	20	20	20	25
<i>Carex desertorum</i>	83	90	95	88	85	90	88	95	—	65	45	60	45	40
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	80	80	80	75	70	70	45	50	50	40	35	40	45	40
<i>Cerastium perfoliatum</i>	33	35	35	30	30	20	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cynodon dactylon</i>	80	85	83	70	65	60	50	55	40	45	35	40	35	30
<i>Eremopyrum orientale</i>	33	33	35	30	30	28	30	33	25	22	15	15	10	10
<i>Eremopyrum triticeum</i>	75	80	80	75	75	70	75	65	45	40	35	25	25	15
<i>Eragróstis minor</i>	67	67	67	55	50	50	45	40	20	—	—	—	—	—
<i>Falcaria vulgaris</i>	33	35	35	25	24	20	18	18	17?	20	25	20	18	20
<i>Festuca pratensis</i>	40	45	45	35	35	30	30	25	25	20	10	—	—	—
<i>Festuca Valesiaca sulcata</i>	67	70	70	65	65	60	50	40	17	40	10	10	—	—
<i>Hordeum leporinum</i>	40	45	45	35	40	45	48	50	50	50	48	48	40	35
<i>Helichrysum arenarium</i>	65	65	65	60	50	45	50	55	50	55	50	45	50	50
<i>Kochia prostrata</i>	40	45	45	35	30	30	25	20	15	10	10	10	—	—
<i>Limonium meyeri</i>	33	33	35	30	28	25	22	20	17	17	10	14	12	10
<i>Marrubium vulgare</i>	18	20	20	17	17	17	15	15	15	—	—	—	—	—
<i>Papaver arenarium</i>	15	15	15	10	10	12	10	10	8	5	5	5	5	4
<i>Poa praténsis</i>	90	95	95	80	75	70	60	55	45	40	30	25	20	15
<i>Poa bulbosa</i>	33	33	33	30	28	28	25	20	25	20	15	20	25	20
<i>Phleum paniculatum</i>	67	67	67	60	55	50	35	25	17	15	—	—	—	—
<i>Puccinellia gigantea</i>	67	68	68	55	50	45	35	20	25	10	—	—	—	—
<i>Petrosimonia oppositifolia</i>	33	35	35	30	25	20	20	15	17	15	15	10	10	15
<i>Salsola tragus</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	100	100
<i>Salsola orientalis</i>	100	100	100	98	98	95	90	95	83	85	75	70	72	65
<i>Salsola dendroides</i>	100	98	100	95	95	98	90	85	67	67	70	65	60	55
<i>Salicornia</i>	85	90	90	85	80	85	85	80	70	75	75	70	75	70
<i>Sónchus arvensis</i>	33	33	35	40	45	50	60	70	83	83	85	85	80	75
<i>Stípa capilláta</i>	33	35	35	30	35	40	40	45	50	50	55	45	45	40
<i>Veronica verna</i>	15	17	17	10	15	15	10	10	12	10	8	10	10	10
<i>Avena fatua</i>	83	82	83	70	65	58	50	45	45	40	45	45	50	55
<i>Suaeda microphylla</i>	33	35	35	30	33	30	35	35	30	30	33	25	28	30
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	67	60	60	50	45	40	35	33	17	10	—	—	—	—
<i>Inula sabuletorum</i>	33	33	35	50	40	40	45	40	30	30	20	10	—	—
<i>Xanthium spinosum</i>	65	60	55	50	55	58	60	55	55	45	45	40	45	45
<i>Pleconax conica</i>	50	55	55	50	45	40	40	35	30	20	—	—	—	—
<i>Glycyrrhiza glábra</i>	50	55	55	40	40	30	35	20	10	—	—	—	—	—

Agropyron cristatum и другие, маревых — *Camphorosma lessingii*, *Kochia prostrata*, *Suaeda microphylla*, *Atriplex tatarica*, бобовых — *Glycyrrhiza glabra*, основные кормовые растения — *Carex*. Для злаково-полынно-солянковой ассоциации характерна быстрая потеря доминирующих крупных дерновинных злаков и обилие ксерофитов. Растения, сокращающие свою численность под влиянием неблагоприятных условий, — *Stipa lessingiana*, мятлик луговой *Poa pratensis* и другие злаки. На смену приходят неподаваемые или стойкие к вытаптыванию адвентивные виды (*Hordeum leporinum*). Относительной устойчивостью из кормовых растений к умеренной нагрузке обладают *Agropyron cristatum*, *A. desertorum*, типчак (*Festuca valesiaca*), *Cynodon dactylon*, *Avena fatua*, при сильных нагрузках увеличивают свое обилие плохо поедаемые виды — *Artemisia taurica*, *Atriplex tatarica*, *Falcaria vulgaris*, *Veronica arvensis*, *Arabidopsis thaliana* и другие. Растительность дигрессивных пастбищ представлена рудеральными и синантропными видами. Такое изменение видового состава приводит к смене фитоценозов и трансформации растительных сообществ. В качестве индикатора деградации нами отмечены не только отдельные виды растений, но и сообщества, в которых они присутствуют. На участке с усиленной нагрузкой в травостое фитоценозов увеличивается число ксерофитов, рудеральных видов, упрощается пространственная структура растительного покрова.

На легких почвах ощущается недостаток влаги из-за уменьшения количества выпадающих осадков и увеличения испаряемости, это приводит к риску засухи и сопровождается сменой растительности с вовлечением новых территорий. Растения играют ключевую роль в экосистемах и первыми реагируют на изменения климата, некоторые адаптируются и расширяют свой ареал, другие вытесняются более засухоустойчивыми видами сорняков. Это может иметь серьезные последствия для биоразнообразия экосистем.

С мая по август происходят незначительные изменения сезонного развития растительности. В засушливом регионе повышение температуры воздуха до 45° в летние месяцы приводит к снижению влажности почвы и чрезмерному антропогенному прессу, разрушающему растительно-почвенный покров.

После 2010 года площади опустынивания увеличились из-за роста пастбищных нагрузок на фоне уменьшения осадков в весенний период. В 2020 году неблагоприятные условия почвенной засухи, перевыпас и нашествие саранчи спровоцировали угрозу очередной вспышки антропогенного опустынивания на территории КБС. Наблюдали пыльные бури, в результате которых площадь лишенных растительного покрова земель превысила 10 км². Сильные и устойчивые ветры со скоростью 20 м/с привели к образованию эоловых процессов и переносу песчано-пылевых масс. Песок заносил пастбища, вызывая изменения состояния травостоя. В полупустынных ландшафтах происходит трансформация природной среды и изменение отдельных компонентов наземных экосистем, снижается разнообразие местных растительных сообществ. В результате к осени практически не остается естественной растительности на пастбищах, а площадь открытых песков увеличивается вдвое.

Таким образом, специфические причины опустынивания в регионе — эрозия, дефляция, засоление, загрязнение, потепление климата, многократная нагрузка пастбищ и другие.

В полупустынных пастбищных ассоциациях КБС, формирующихся в аридных условиях, преобладают полыни, солянки и другие сорные виды разнотравья. Необходима реализация мер по урегулированию пастбищных нагрузок и проведение фитомелиорации для закрепления песков и подвижных форм рельефа песчаных массивов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Атаев З.В., Братков В.В. Влияние колебаний и динамика климата на полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия // Географический вестник. 2011. № 3. С. 4–13.
2. Бабаева М.А., Осипова С.В. Антропогенная трансформация пастбищной растительности Кочубейской биосферной станции Северо-Западного Прикаспия // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 27–30.
3. Бабаева М.А., Осипова С.В. Трансформация почвенно-растительного покрова пастбищ светло-каштановых почв в песчаные ландшафты Кочубейской биосферной станции // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 36–40.
4. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. 246 с.
5. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Черенкова Е.А. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2007. Т. XXI. С. 160–182.
6. Магомедов М.-Р.Д., Муртузалиев Р.А. Влияние выпаса на продуктивность и структуру растительности пастбищных экосистем Терско-Кумской низменности // Аридные экосистемы. 2001. Т. 7. № 14–15. С. 39–53.
7. Стасюк Н.В. Расширение опустыненных земель — реальная угроза в дельтах Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2000. Т. 6. № 13. С. 54–60.

REFERENCES

1. Ataev Z.V., Bratkov V.V. Vliyaniye kolebanij i dinamika klimata na polupustynnye landshafty Severo-Zapadnogo Prikaspiya // Geograficheskij vestnik. 2011. № 3. S. 4–13.
2. Babaeva M.A., Osipova S.V. Antropogennaya transformaciya pastbishchnoj rastitel'nosti Kochubejskoj biosfernoj stancii Severo-Zapadnogo Prikaspiya // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 5. S. 27–30.
3. Babaeva M.A., Osipova S.V. Transformaciya pochvenno-rastitel'nogo pokrova pastbishch svetlo-kashtanovyh pochv v peschanye landshafty Kochubejskoj biosfernoj stancii // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 4. S. 36–40.
4. Zolotokrylin A.N. Klimaticheskoe opustynivanie. M.: Nauka, 2003. 246 s.
5. Zolotokrylin A.N., Vinogradova V.V., Cherenkova E.A. Dinamika zasuh v Evropejskoj Rossii v situacii global'nogo potepleniya // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2007. T. XXI. S. 160–182.
6. Magomedov M.-R.D., Murtuzaliev R.A. Vliyaniye vypasa na produktivnost' i strukturu rastitel'nosti pastbishchnyh ekosistem Tersko-Kumskoj nizmennosti // Aridnye ekosistemy. 2001. T. 7. № 14–15. S. 39–53.
7. Stasyuk N.V. Rasshirenie opustynennyh zemel' — real'naya ugroza v del'tah Zapadnogo Prikaspiya // Aridnye ekosistemy. 2000. T. 6. № 13. S. 54–60.

Поступила в редакцию 13.05.2024
Принята к публикации 27.05.2024

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЕЙ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Илья Михайлович Михайленко, доктор технических наук
Валерий Николаевич Тимошин, кандидат технических наук

Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: ilya.mihailenko@yandex.ru

Аннотация. В работе представлен проект автоматизированного комплекса для управления агротехнологией. Комплекс состоит из двух неразрывных компонентов — управляющего блока и исполнительной роботизированной технологической машины. В первом реализована современная теория управления сложной динамической системой (сельскохозяйственное поле с посевом культуры). Отличительная особенность предлагаемой теории заключается в том, что объект управления — агроценоз, включающий сельскохозяйственные культуры и сорные растения. Эта особенность переносится на исполнительную технологическую машину, с помощью которой осуществляется одновременно внесение минеральных удобрений и обработка гербицидами. При этом формирование оптимальных технологических операций производится на основе данных дистанционного зондирования Земли, по которым изучают параметры состояния агроценоза. Полученные оценки считаются общесистемной обратной связью, посредством которой управляют агротехнологией. Представленный комплекс интересен для специалистов, разрабатывающих отдельные компоненты современных систем точного земледелия.

Ключевые слова: агроценоз, управление, математические модели, алгоритмы, роботизированная машина, дистанционное зондирование Земли

AUTOMATED CONTROL COMPLEX OF AGROTECHNOLOGY IN PRECISION FARMING

I.M. Mikhaylenko, *Grand PhD in Engineering Sciences*
V.N. Timoshin, *PhD in Engineering Sciences*

Agrophysical Research Institute, Sankt-Peterburg, Russia
E-mail: ilya.mihailenko@yandex.ru

Abstract. The paper presents a project of an automated complex for managing agricultural technology. The complex consists of two inseparable components, a control unit and an executive robotic technological machine. The control unit implements the modern theory of controlling a complex dynamic system, which is an agricultural field with sowing crops. The main distinctive feature of the proposed management theory is that the object of management is an agroecosystem, which includes sowing crops and weeds. This feature is transferred to the executive technological machine, through which the simultaneous application of mineral fertilizers and herbicide treatment is carried out. At the same time, the formation of optimal technological operations is carried out on the basis of Earth remote sensing data. Based on these data, the parameters of the state of the agroecosystem are assessed, and the resulting estimates are system-wide feedback through which agricultural technology is managed. The presented complex is of interest to specialists developing individual components of modern precision farming systems.

Keywords: agroecosystem, control, mathematical models, algorithms, robotic machine, remote sensing of the Earth

Основы точного земледелия (ТЗ) были заложены во второй половине прошлого столетия, в 80-е годы начались первые опыты по использованию новых мобильных агрегатов для внесения удобрений. Однако в тот период системы GPS навигации не были настолько точны, как в настоящее время. Лучших результатов удалось добиться в 90-е годы, когда ученые продолжили исследования в этом направлении. ТЗ — это система управления продуктивностью посевов, основанная на применении комплекса современных автоматизированных технологических машин, информационных технологий, включая средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Используя технические и технологические возможности ТЗ, фермеры могут точно рассчитать количество семян, удобрений и других ресурсов для каждого участка поля. После того как на основе ДЗЗ и лабораторных данных составляется точная карта поля с указанием характеристик каждого его участка, можно более рационально распределять ресурсы между ними. Таким образом, удастся избежать перерасхода ресурсов и

повысить продуктивность участков поля. При достаточно большом масштабе производства такой подход позволяет снизить расходы на производство единицы продукции и повысить отдачу с каждого квадратного метра земли. Кроме того, такая технология управления повышает качество продукции и снижает нагрузку на окружающую среду.

Можно утверждать, что ТЗ сложилось, как совокупность технологий, технических средств и систем для принятия решений, направленных на управление параметрами плодородия, влияющими на рост растений с целью повышения эффективности растениеводства. Однако у ТЗ есть недостатки, существенно ограничивающие его эффективность и препятствующие широкому внедрению в сельское хозяйство. При очень высокой технической сложности и дороговизне, современные системы ТЗ обладают невысокой экономической эффективностью и окупаемостью. Это продиктовано недостаточной высокой квалификацией обслуживающего персонала и отсутствием эффективной теории управления

этими системами для получения заданного конечного результата. В современных системах ТЗ пока еще нет решений задач оптимизации технологических операций во времени и пространстве, без которых управление такими сложными системами невозможно. [5–8, 10, 11]

Решение оптимизационных задач сдерживается несовершенством автоматизированных технологических машин. Повышение производительности машин за счет существенного увеличения ширины технологического захвата (до 36 м) вступает в противоречие с качеством выполнения технологических операций. Это связано с тем, что пространственная дифференциация операций имеет только продольный характер, в направлении движения машины. В то же время по ширине захвата машины состояние посева культур и почвенной среды также неоднородно, как и в продольном направлении. Поэтому в зоне захвата могут оказаться несколько зон с разными значениями доз внесения агрохимикатов, что приводит к большим ошибкам в управлении состоянием посева культуры. Дополнительные недостатки существующих машин и технологий в том, что основные операции по внесению минеральных удобрений и обработки гербицидами выполняются раздельно, без учета влияния удобрений на сорные растения и гербицидов на состояние посевов сельскохозяйственных культур. [4, 5] Стали появляться новые работы технологической направленности, показывающие высокую эффективность одновременного внесения минеральных удобрений и обработок гербицидами. Формирование единой согласованной программы по состоянию растений основной культуры и сорных позволит избежать потери урожая и перерасхода минеральных удобрений и гербицидов. Кроме того, оптимизация доз удобрений, отвечающих биологическим потребностям культуры в питательных элементах, активирует процессы обмена веществ, обеспечивает ускорение инактивации поступающего гербицида и повышает устойчивость к нему у защищаемого растения. При этом культура вследствие более интенсивного накопления органической массы получает значительно меньшую дозу гербицида на единицу массы, происходит ростовое снижение содержания гербицида в тканях, а меньшие количества препарата при оптимальном обмене веществ быстрее инактивируются. Благоприятные условия питания также повышают общую биологическую конкурентоспособность культуры по отношению к сорнякам. [1, 2]

В современном ТЗ широко используют роботизированную технику. Но роботизация в основном ориентирована на выполнение отдельных технологических операций и автоматическое вождение мобильной техники, то есть на прямую замену человека-оператора, а не на решение задачи управления производственным процессом с целью получения заданного конечного результата. [9, 10]

Цель работы – проект автоматизированного комплекса, в котором сочетается новая теория управления состоянием агроценоза и реализация этой теории в роботизированной машине технологического воздействия. Представленные результаты принципиально новые и защищены патентом Российской Федерации. [3]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Функциональная схема и теоретическая основа функционирования автоматизированного комплекса

Функциональная схема комплекса, предназначенного для управления состоянием агроценоза с посевом яровой пшеницы, представлена на рисунке 1.

Для функционирования комплекса необходима информация о состоянии агроценоза, включающего в себя основную возделываемую культуру и сорные растения. Для получения информации размещают на одном из краев основного поля 1 с посевом сельскохозяйственной культуры 10...15 тестовых площадок 2 с аналогичной культурой и набором известных видов сорных растений. Тестовые площадки (площадь каждой – 20...30 м²) предназначены для сопоставления реальных и моделируемых параметров состояния посевов, а также для учета всех влияющих факторов. На основании этого сопоставления уточняют параметры используемых математических моделей без обследования площади основного поля. На тестовых площадках возделывают одну и ту же культуру, например, яровую пшеницу, и осуществляют одни и те же технологические воздействия, различающиеся по величине.

Для получения текущей информации о физических свойствах растений и химическом составе почвы через каждые трое суток отбирают пробы яровой пшеницы, сорных растений и почвы на тестовых площадках с последующей передачей проб в аналитическую лабораторию, чтобы определить их физические параметры. Узнать о состоянии агроценоза на всей площади основного поля можно, используя беспилотный малый летательный аппарат 3, который, совершая пролеты над основным полем и тестовыми площадками с заданной периодичностью, осуществляет их оптическую съемку. Беспилотный малый летательный аппарат оборудуют средствами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые с помощью радиомодемной

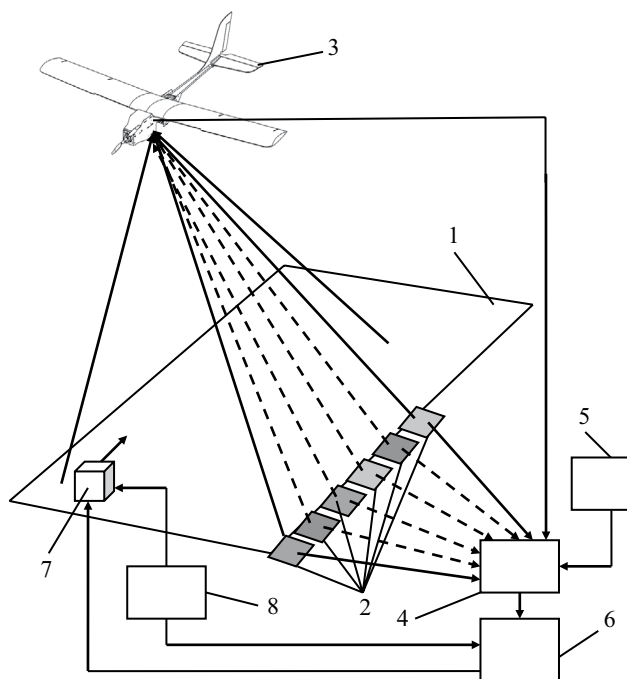


Рис. 1 Функциональная схема автоматизированного комплекса управления состоянием агроценоза.

связи подключают к базе данных 4 вместе с датчиками метеостанции 5. База данных, где хранится описание состояния агроценоза и почвенной среды на тестовых площадках, спектральная информация с основного поля и тестовых площадок соединена с общим управляющим устройством 6, к выходу которого подключен двухканальный исполнительный регулятор 7, а к входу — измеритель пространственных координат 8, установленный на тракторе.

На основании информации о состоянии агроценоза и почвенной среды, хранящейся в базе данных, в автоматизированном комплексе реализуется следующая последовательность операций, обозначаемых номерами 0–6 (рис. 2).

Операции 0: 01 — периодически, с интервалом в трое суток, с тестовых площадок отбирают пробы растений посева яровой пшеницы, сорных растений и почвы; **02** — средствами ДЗЗ осуществляют оптическую съемку тестовых площадок; **03** — фиксируют метеорологические параметры атмосферы в непосредственной близости от поля, на котором возделывается яровая пшеница.

Операции 1:

1.1. На основе полученной информации с тестовых площадок и от средств ДЗЗ уточняют (адаптируют) параметры математических моделей [11]:

— оптических измерений состояния биомассы агроценоза с яровой пшеницей до фенофазы колошения в векторно-матричной символьной форме:

$$Z_m(y, h) = P_m W(X_m(y, h)) + \xi_m, \quad (1)$$

где $Z_m^T(y, h) = [z_{1m}(y, h) \ z_{2m}(y, h) \ z_{3m}(y, h)]$ — вектор параметров отражения для пространственной координаты (y, h) на оптических диапазонах: z_1 — 668 нм, z_2 — 717, z_3 — 840 нм.

$$P_u = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} & p_{16} & p_{17} & p_{18} & p_{19} & p_{110} & p_{111} & p_{112} & p_{113} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} & p_{26} & p_{27} & p_{28} & p_{29} & p_{210} & p_{211} & p_{212} & p_{213} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} & p_{35} & p_{36} & p_{37} & p_{38} & p_{39} & p_{310} & p_{311} & p_{312} & p_{313} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} & p_{45} & p_{46} & p_{47} & p_{48} & p_{49} & p_{410} & p_{411} & p_{412} & p_{413} \end{bmatrix}_u -$$

матрица параметров модели,

$$W(X_m(y, h)) = [1 \ x_{1m}(y, h) \ x_{2m}(y, h) \ x_{3m}(y, h) \ x_{4m}^2(y, h) \ x_{2m}^2(y, h) \ x_{3m}^2(y, h) \ x_{1m}^3(y, h) \ x_{2m}^3(y, h) \ x_{3m}^3(y, h)] -$$

вектор-функция, где аргументами будут параметры состояния агроценоза: $x_{1m}(y, h)$ — биологическая урожайность яровой пшеницы на каждом малом фрагменте поля с пространственными координатами (y, h) , ц·га⁻¹; $x_{2m}(y, h)$ — плотность биомассы сорных растений, ц·га⁻¹; $x_{3m}(y, h)$ — плотность сырой массы агроценоза, ц·га⁻¹; $\xi_m^T = [\xi_{1m} \ \xi_{2m} \ \xi_{3m}]$ — вектор случайных ошибок измерений, имеющих нулевые средние и дисперсии $e_{1m}^2, e_{2m}^2, e_{3m}^2$;

— оптических измерений состояния биомассы агроценоза с яровой пшеницей на период от начала колошения до созревания урожая в векторно-матричной символьной форме:

$$Z_u(y, h) = P_u W(X_u(y, h)) + \zeta_u(t), \quad (2)$$

где $Z_u^T(y, h) = [z_{1u}(y, h) \ z_{2u}(y, h) \ z_{3u}(y, h) \ z_{4u}(y, h)]$ — вектор параметров отражения для пространственной

координаты (y, h) на оптических диапазонах: z_1 — 475 нм, z_2 — 668, z_3 — 717, z_4 — 840 нм.

$$P_u = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} & p_{16} & p_{17} & p_{18} & p_{19} & p_{110} & p_{111} & p_{112} & p_{113} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} & p_{26} & p_{27} & p_{28} & p_{29} & p_{210} & p_{211} & p_{212} & p_{213} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} & p_{35} & p_{36} & p_{37} & p_{38} & p_{39} & p_{310} & p_{311} & p_{312} & p_{313} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} & p_{45} & p_{46} & p_{47} & p_{48} & p_{49} & p_{410} & p_{411} & p_{412} & p_{413} \end{bmatrix}_u -$$

матрица параметров модели,

$$W(X_u(y, h)) = [1 \ x_{1u}(y, h) \ x_{2u}(y, h) \ x_{3u}(y, h) \ x_{4u}^2(y, h) \ x_{1u}^2(y, h) \ x_{2u}^2(y, h) \ x_{3u}^2(y, h) \ x_{4u}^3(y, h) \ x_{1u}^3(y, h) \ x_{2u}^3(y, h) \ x_{3u}^3(y, h) \ x_{4u}^3(y, h)] -$$

вектор-функция, где аргументы — параметры состояния агроценоза: $x_{1u}(y, h)$ — биологическая урожайность яровой пшеницы на каждом малом фрагменте поля с пространственными координатами (y, h) , ц·га⁻¹; $x_{2u}(y, h)$ — плотность биомассы сорных растений, ц·га⁻¹; $x_{3u}(y, h)$ — масса колосьев яровой пшеницы (урожая), ц·га⁻¹; $x_{4u}(y, h)$ — плотность сырой массы агроценоза, ц·га⁻¹; $\zeta_u^T(t) = [\zeta_{1u} \ \zeta_{2u} \ \zeta_{3u} \ \zeta_{4u}]$ — вектор ошибок моделирования, представляющих собой случайные процессы с нулевыми средними и дисперсиями $\sigma_{m1}^2, \sigma_{m2}^2, \sigma_{m3}^2, \sigma_{m4}^2$.

1.2. На основе информации, полученной с тестовых площадок и метеостанции, уточняют (адаптируют) параметры математических моделей:

— динамики параметров биомассы агроценоза с яровой пшеницей в интервале времени, предшествующему фенофазе колошения яровой пшеницы:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{1m}(y, h) \\ \dot{x}_{2m}(y, h) \\ \dot{x}_{3m}(y, h) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}_m \begin{bmatrix} x(t)_{1m}(y, h) \\ x(t)_{2m}(y, h) \\ x(t)_{3m}(y, h) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} \end{bmatrix}_m \begin{bmatrix} v_N(t, y, h) \\ v_K(t, y, h) \\ v_P(t, y, h) \\ v_{Mg}(t, y, h) \\ v_5(t, y, h) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} d \\ d \end{bmatrix} g(t) + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}_m \begin{bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ f_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_{1m}(t) \\ \zeta_{2m}(t) \\ \zeta_{3m}(t) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$t \in (T_{1m}, T_{2m}), \ x_{1m}(T_{1m}) = 0, \ x_{2m}(T_{2m}) = 0, \ x_{3m}(T_{2m}) = 0;$$

где параметры состояния биомассы агроценоза: $x_{1m}(y, h)$ — биологическая урожайность яровой пшеницы на каждом малом фрагменте поля с пространственными координатами (y, h) , ц·га⁻¹; $x_{2m}(y, h)$ — плотность биомассы сорных растений, ц·га⁻¹; $x_{3m}(y, h)$ — плотность сырой массы агроценоза, ц·га⁻¹. Внешние возмущения: f_1 — среднесуточная температура воздушной среды, °С; f_2 — уровень радиации, Вт·(м²·ч)⁻¹; f_3 — интенсивность осадков, мм; параметры химического состояния почвы: v_N — содержание азота, кг·га⁻¹; v_K — калия, кг·га⁻¹; v_P — фосфора, кг·га⁻¹; v_{Mg} — магния, кг·га⁻¹; v_5 — влагозапас, мм; g — доза обработки агроценоза гербицидом универсального действия, г·(м²)⁻¹; $\zeta_{1m}(t), \zeta_{2m}(t), \zeta_{3m}(t)$ — ошибки моделирования, представляющие собой случайные процессы с нулевыми средними и дисперсиями $\sigma_{m1}^2, \sigma_{m2}^2, \sigma_{m3}^2$; y, h — пространственные координаты, м;

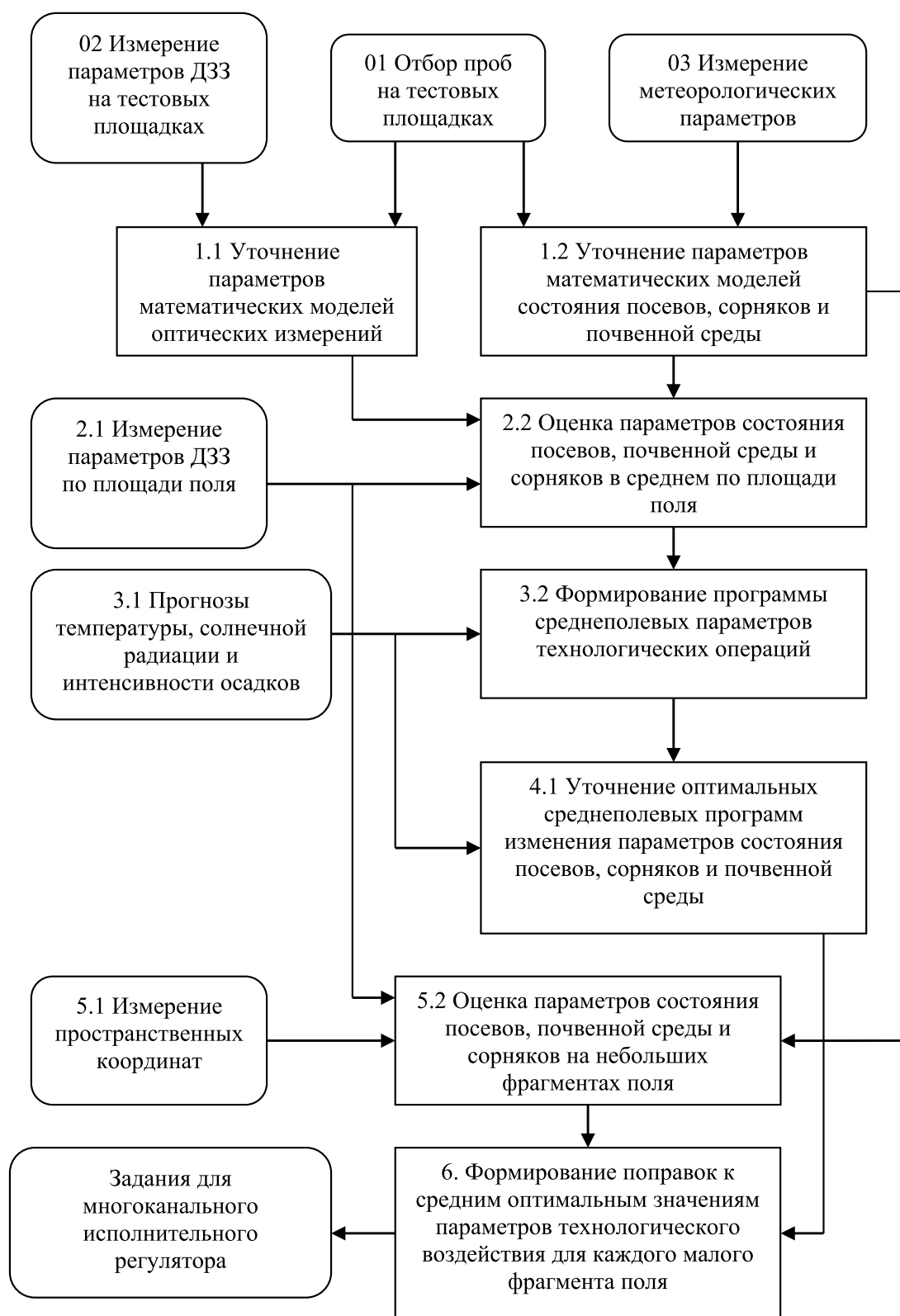


Рис. 2. Структурная схема функционирования автоматизированного комплекса управления состоянием агроценоза.

$t \in (T_{1m}, T_{2m})$ – суточное время, интервал вегетации от всходов до фазы колошения.

Каноническая векторно-матричная символьная форма модели (3):

$$\dot{X}_m(y, h) = A_m X_m(t, y, h) + B_m V(t, y, h) - D_m g(t) + C_m F(t) + \zeta_m(t), \quad t \in (T_{1m}, T_{2m}), \quad X_m(T_{1m}, y, h) = 0, \quad (4)$$

где A_m , B_m , D_m , C_m – матрицы параметров модели, передачи управлений химическими параметрами почвы, гербицидами, внешних возмущений. Вид матриц соответствует развернутой форме модели (3);

– динамики параметров биомассы агроценоза с яровой пшеницей от колошения до полного созревания зерна:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} \dot{x}_{1u}(y, h) \\ \dot{x}_{2u}(y, h) \\ \dot{x}_{3u}(y, h) \\ \dot{x}_{4u}(y, h) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1u}(t, y, h) \\ x_{2u}(t, y, h) \\ x_{3u}(t, y, h) \\ x_{4u}(t, y, h) \end{bmatrix} + \\
&+ \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} & b_{45} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_N(t, y, h) \\ v_K(t, y, h) \\ v_P(t, y, h) \\ v_{Mg}(t, y, h) \\ v_5(t, y, h) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ 0 \end{bmatrix} g(t) + \\
&+ \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ f_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_{1u}(t) \\ \zeta_{2u}(t) \\ \zeta_{3u}(t) \\ \zeta_{4u}(t) \end{bmatrix} \\
t \in (T_{1u}, T_{2u}), x_{1u}(T_{1u}, y, h) &= x_{1u,0}(y, h), \\
x_{2u}(T_{1u}, y, h) &= x_{2u,0}(y, h), x_{3u}(T_{1u}, y, h) = x_{3u,0}(y, h), \\
x_{4u}(T_{1u}, y, h) &= x_{4u,0}(y, h);
\end{aligned} \quad (5)$$

где параметры состояния биомассы агроценоза: $x_{1u}(y, h)$ – биологическая урожайность яровой пшеницы на каждом малом фрагменте поля с пространственными координатами (y, h) , ц·га⁻¹; $x_{2u}(y, h)$ – плотность биомассы сорных растений, ц·га⁻¹; $x_{3u}(y, h)$ – масса колосьев яровой пшеницы (урожай), ц·га⁻¹; $x_{4u}(y, h)$ – плотность сырой массы агроценоза, ц·га⁻¹; $\zeta_{1u}(t)$, $\zeta_{2u}(t)$, $\zeta_{3u}(t)$, $\zeta_{4u}(t)$ – ошибки моделирования, представляющие собой случайные процессы с нулевыми средними и дисперсиями σ_{m1}^2 , σ_{m2}^2 , σ_{m3}^2 , σ_{m4}^2 ; y, h – пространственные координаты, м; $t \in (T_{1m}, T_{2m})$ – суточное время, интервал вегетации от колошения до созревания.

Каноническая векторно-матричная символьная форма модели:

$$\begin{aligned}
\dot{X}_u(y, h) &= A_u X_u(t, y, h) + B_u V(t, y, h) - D_u g(t) + \\
&+ C_u F(t) + \zeta_u(t), t \in (T_{1u}, T_{2u}), X_u(T_{1u}, y, h) = X_{u0}(y, h),
\end{aligned} \quad (6)$$

где A_u , B_u , D_u , C_u – матрицы параметров модели, передачи управлений химическими параметрами почвы, гербицидами, внешних возмущений. Вид матриц соответствует развернутой форме модели (5);

– динамики параметров состояния почвенной среды во время, предшествующее колошению:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} \dot{v}_N \\ \dot{v}_K \\ \dot{v}_P \\ \dot{v}_{Mg} \\ \dot{v}_5 \end{bmatrix}_{2,9} &= \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & a_{15} \\ 0 & a_{22} & 0 & 0 & a_{25} \\ 0 & 0 & a_{33} & 0 & a_{35} \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & a_{45} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{55} \end{bmatrix}_{2,9} \begin{bmatrix} v_N \\ v_K \\ v_P \\ v_{Mg} \\ v_5 \end{bmatrix}_{2,9} + \begin{bmatrix} 10000 \\ 01000 \\ 00100 \\ 00010 \\ 00001 \end{bmatrix}_{2,9} \begin{bmatrix} d_N(t) \\ d_K(t) \\ d_P(t) \\ d_{Mg}(t) \\ d_W(t) \end{bmatrix}_{2,9} + \\
&+ \begin{bmatrix} 00c_{13} \\ 00c_{23} \\ 00c_{33} \\ 0 & 0 & c_{43} \\ c_{51} & c_{52} & 1 \end{bmatrix}_{2,9} \begin{bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ f_3(t) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m_{11} & 0 \\ m_{21} & 0 \\ m_{31} & 0 \\ m_{41} & 0 \\ m_{51} & m_{52} \end{bmatrix}_{2,9} \begin{bmatrix} x_{1m}(t) \\ x_{2m}(t) \end{bmatrix},
\end{aligned} \quad (7)$$

или в компактной символьной форме:

$$\dot{V}_{2,9} = A_{2,9} V(t) + B_{2,9} D(T_2, T_9) + C_{2,9} F(t) - M_{2,9} X_m(t), \quad (8)$$

где $d_N(t)$, $d_K(t)$, $d_P(t)$, $d_{Mg}(t)$ – дозы внесения элементов питания, соответственно, азота, калия, фосфора, магния, кг га⁻¹; $d_W(t)$ – норма полива, мм;

$A_{2,9}$, $B_{2,9}$, $C_{2,9}$, $M_{2,9}$ – матрицы параметров модели, передачи управлений химическими параметрами почвы, внешних возмущений, связи с параметрами агроценоза. Вид матриц соответствует развернутой форме модели (7);

– динамики параметров состояния почвы в интервале времени от колошения до полного созревания зерна:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} \dot{v}_N \\ \dot{v}_K \\ \dot{v}_P \\ \dot{v}_{Mg} \\ \dot{v}_5 \end{bmatrix}_{9,13} &= \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & a_{15} \\ 0 & a_{22} & 0 & 0 & a_{25} \\ 0 & 0 & a_{33} & 0 & a_{35} \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & a_{45} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{55} \end{bmatrix}_{9,13} \begin{bmatrix} v_N \\ v_K \\ v_P \\ v_{Mg} \\ v_5 \end{bmatrix}_{9,13} + \begin{bmatrix} 10000 \\ 01000 \\ 00100 \\ 00010 \\ 00001 \end{bmatrix}_{9,13} \begin{bmatrix} d_N(t) \\ d_K(t) \\ d_P(t) \\ d_{Mg}(t) \\ d_W(t) \end{bmatrix}_{9,13} + \\
&+ \begin{bmatrix} 00c_{13} \\ 00c_{23} \\ 00c_{33} \\ 0 & 0 & c_{43} \\ c_{51} & c_{52} & 1 \end{bmatrix}_{9,13} \begin{bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ f_3(t) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m_{11} & 0 & m_{13} \\ m_{21} & 0 & m_{23} \\ m_{31} & 0 & m_{33} \\ m_{41} & 0 & m_{43} \\ m_{51} & m_{52} & 0 \end{bmatrix}_{9,13} \begin{bmatrix} x_{1u}(t) \\ x_{2u}(t) \\ x_{3u}(t) \end{bmatrix},
\end{aligned} \quad (9)$$

или в компактной символьной векторно-матричной форме:

$$\dot{V}_{9,13} = A_{9,13} V(t) + B_{9,13} D(t) + C_{9,13} F(t) - M_{9,13} X_u(t). \quad (10)$$

где $A_{9,13}$, $B_{9,13}$, $C_{9,13}$, $M_{9,13}$, $P_{9,13}$ – матрицы параметров модели, передачи управлений химическими параметрами почвы, внешних возмущений, связи с параметрами посева культуры и биомассы доминирующих видов сорняков. Вид матриц соответствует развернутой форме модели (9).

Операции 2:

2.1. Измеряют параметры ДЗЗ по всей площади поля.

2.2. По уточненным параметрам математических моделей и данным ДЗЗ оценивают состояние агроценоза в среднем по площади поля: – в интервале времени, предшествующему колошению:

$$\begin{aligned}
\dot{\hat{X}}_m &= A_m \hat{X}_m(t) + B_m V(t) - D_m g(t) + C_m F(t) + \\
&+ R_m(t) P_m \frac{\partial W^T(\hat{X}_m)}{\partial \hat{X}_m} K_z^{-1}(Z(t) - P_m W(\hat{X}_m(t))),
\end{aligned} \quad (11)$$

– между колошением и полным созреванием зерна

$$\begin{aligned}
\dot{\hat{X}}_u &= A_u \hat{X}_u(t) + B_u V(t) - D_u g(t) + C_u F(t) + \\
&+ R_u(t) P_u \frac{\partial W^T(\hat{X}_u)}{\partial \hat{X}_u} K_z^{-1}(Z(t) - P_u W(\hat{X}_u(t))),
\end{aligned} \quad (12)$$

где $R_m(t)$, $R_u(t)$ – матрицы ошибок оценивания, имеющие размерность, соответствующую векторам параметров биомассы моделей (4) и (6).

Операции 3:

3.1. Вводят прогнозы температуры, уровня солнечной радиации и интенсивности осадков.

3.2. Принимая оценки состояния (11) и (12) в качестве начальных условий формируют программы средних по полю параметров технологических операций минимизируя следующий критерий оптимальности, учитывающий потери урожая, расходы минеральных удобрений и гербицидов:

– в интервале времени, предшествующему колошению:

$$J_{1,9} = \int_{T_1}^{T_9} \left[(X_{1,9}^*(t) - X_{1,9}(t)) G_{1,9} (X_{1,9}^*(t) - X_{1,9}(t)) + C_D D(T_3, T_9) + C_G g_m(t_{23}) \right] dt \quad (13)$$

– программу в виде последовательности доз внесения минеральных удобрений по заданным фенофазам $D^*(T_3, T_9)$, обработок гербицидами по выбранным фенофазам $g^*(T_3, T_9)$; – в интервале времени между колошением и полным созреванием зерна:

$$J_{9,13} = \int_{T_9}^{T_{13}} \left[(X_{9,13}^*(t) - X_{9,13}(t))^T G_{9,13} (X_{9,13}^*(t) - X_{9,13}(t)) + C_D D(T_{10}, T_{11}) + C_G g_u(T_{10}, T_{11}) \right] dt \quad (14)$$

Формируют программу в виде последовательности доз внесения минеральных удобрений по заданным фенофазам $D^*(T_{10}, T_{11})$, обработок гербицидами по выбранным фенофазам $g^*(T_{10}, T_{11})$, где в критериях оптимальности (13) и (14): $G_{1,9}$, $G_{9,13}$ – весовые матрицы; C_D , C_G – вектор стоимостей единиц управления; T_3, T_9, T_{10}, T_{11} – моменты наступления фенофаз яровой пшеницы и выполнения технологических операций.

Операции 4:

4.1. Уточняют в реальном времени оптимальные средние по полю программы изменения параметров состояния агроценоза $\tilde{X}_m(t)$, $\tilde{X}_u(t)$, $\tilde{V}_{1,9}(t)$, $\tilde{V}_{9,13}(t)$ подстановкой в модели параметров биомассы агроценоза (4), (6), (8), (10) программ средних по полю параметров технологических операций $D^*(T_3, T_9)$, $D^*(T_{10}, T_{11})$ и $g^*(T_3, T_9)$, $g^*(T_{10}, T_{11})$.

Операции 5:

5.1. Измеряют пространственные координаты всех малых фрагментов поля в реальном времени.

5.2. Оценивают параметры состояния агроценоза на каждом малом фрагменте поля вдоль ширины захвата устройства для одновременного внесения удобрений и гербицидов:

– в интервале времени, предшествующему колошению:

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{X}}_m(t, h, y) = & A_m \tilde{X}_m(t, h, y) + B_m V(t) - D_m g(t) + \\ & + C_m F(t) + R_m(t, h, y) P \frac{\partial W^T(\tilde{X}_m)}{\partial \tilde{X}_m} K_z^{-1}(Z(t, h, y) - \\ & - P W(\tilde{X}_m(t, h, y)), \end{aligned} \quad (15)$$

– в интервале времени между колошением и полным созреванием зерна:

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{X}}_u(t, h, y) = & A_u \tilde{X}_u(t, h, y) + B_u V(t) - D_u g(t) + \\ & + C_u F(t) + R_u(t, h, y) P \frac{\partial W^T(\tilde{X}_u)}{\partial \tilde{X}_u} K_z^{-1}(Z(t, h, y) - \\ & - P W(\tilde{X}_u(t, h, y)), \end{aligned} \quad (16)$$

где (h, y) – пространственные координаты малых фрагментов поля.

Операция 6:

Формируют поправки к средним оптимальным значениям параметров технологических операций для каждого малого фрагмента поля, сравнивая оценки (15) и (16) со средними значениями, полученными при формировании оптимальной программы изменения средних по полю показателей развития агроценоза $\tilde{X}_{1,9}(t)$, $\tilde{X}_{9,13}(t)$:

$$\Delta D_{3,9}^*(t, h, y) = K_{3,9} (\tilde{X}_{3,9}(t) - \tilde{X}_m(t, h, y)), \quad (17)$$

$$\Delta D_{9,13}^*(t, h, y) = K_{9,13} (\tilde{X}_{9,13}(t) - \tilde{X}_u(t, h, y)), \quad (18)$$

$$\Delta g_{3,9}^*(t, h, y) = K_{gm} (\tilde{X}_{3,9}(t) - \tilde{X}_m(t, h, y)), \quad (19)$$

$$\Delta g_{9,13}^*(t, h, y) = K_{gu} (\tilde{X}_{9,13}(t) - \tilde{X}_u(t, h, y)), \quad (20)$$

где $K_{3,9}$, $K_{9,13}$, K_{gm} , K_{gu} – матрицы пространственной коррекции технологических операций.

Определяют размеры общих технологических операций в виде суммы из оптимальных средних значений и локальных поправок в заданной пространственной координате:

$$D_{3,9}^*(t, h, y) = D^*(T_3, T_9) + \Delta D_{3,9}^*(t, h, y), \quad (21)$$

$$D_{9,13}^*(t, h, y) = D^*(T_9, T_{13}) + \Delta D_{9,13}^*(t, h, y) \quad (22)$$

$$g_{3,9}^*(t, h, y) = g^*(T_3, T_9) + \Delta g_{3,9}^*(t, h, y), \quad (23)$$

$$g_{9,13}^*(t, h, y) = g^*(T_9, T_{10}) + \Delta g_{9,13}^*(t, h, y). \quad (24)$$

Полученные величины технологических операций считаются заданиями для двухканального исполнительного регулятора 7.

Роботизированная технологическая машина реализует одновременное дифференцированное внесение жидких минеральных удобрений и гербицидов, управляя состоянием агроценоза и выполняя все операции, представленные выше. Она монтируется на тракторе 9 и содержит широкозахватную складывающуюся штангу 10 для распределения удобрений, емкости для жидких минеральных удобрений 11 и гербицидов 12, распределительные трубопроводы для удобрений 13 и гербицидов 14, установленные на штанге 10. Распределительный трубопровод для удобрений 13 оборудован управляемыми дозаторами 15 в виде поршневых пар 16, штоки которых 17 скреплены с линейными сервоприводами 18. (рис. 3, 4). Мерные объемы 19 управляемых дозаторов соединены с распределительным трубопроводом для удобрений через первые обратные клапаны 20, обеспечивающие выпуск удобрений из емкости, и с рабочими органами в виде распылителей минеральных удобрений 21 – через вторые обратные клапаны 22. Распределительный трубопровод для гербицидов оборудован рабочими органами – распылителями гербицидов 23 с запорными клапанами 24. Давление поддерживается насосом 25, вход которого соединен всасывающим трубопроводом 26 с емкостью для жидких гербицидов. Запорные клапаны оборудованы исполнительными механизмами 27, которые, как и линейные сервоприводы управляемых дозаторов, подключены к выходам двухканального исполнительного регулятора 7, к входам подключен выход общего управляющего устройства 6. Двухканальный исполнительный регулятор выполнен в виде сети управляющих контроллеров (на рисунках не показаны), размещенных непосредственно на широкозахватной штанге, число которых равно числу управляемых дозаторов и запорных клапанов распылителей гербицидов. Управляемые дозаторы и распылители гербицидов размещены на трубопроводах через равные промежутки, что обеспечивает обработку малых фрагментов поля площадью 2...3 м² вдоль штанги. Общее управляющее

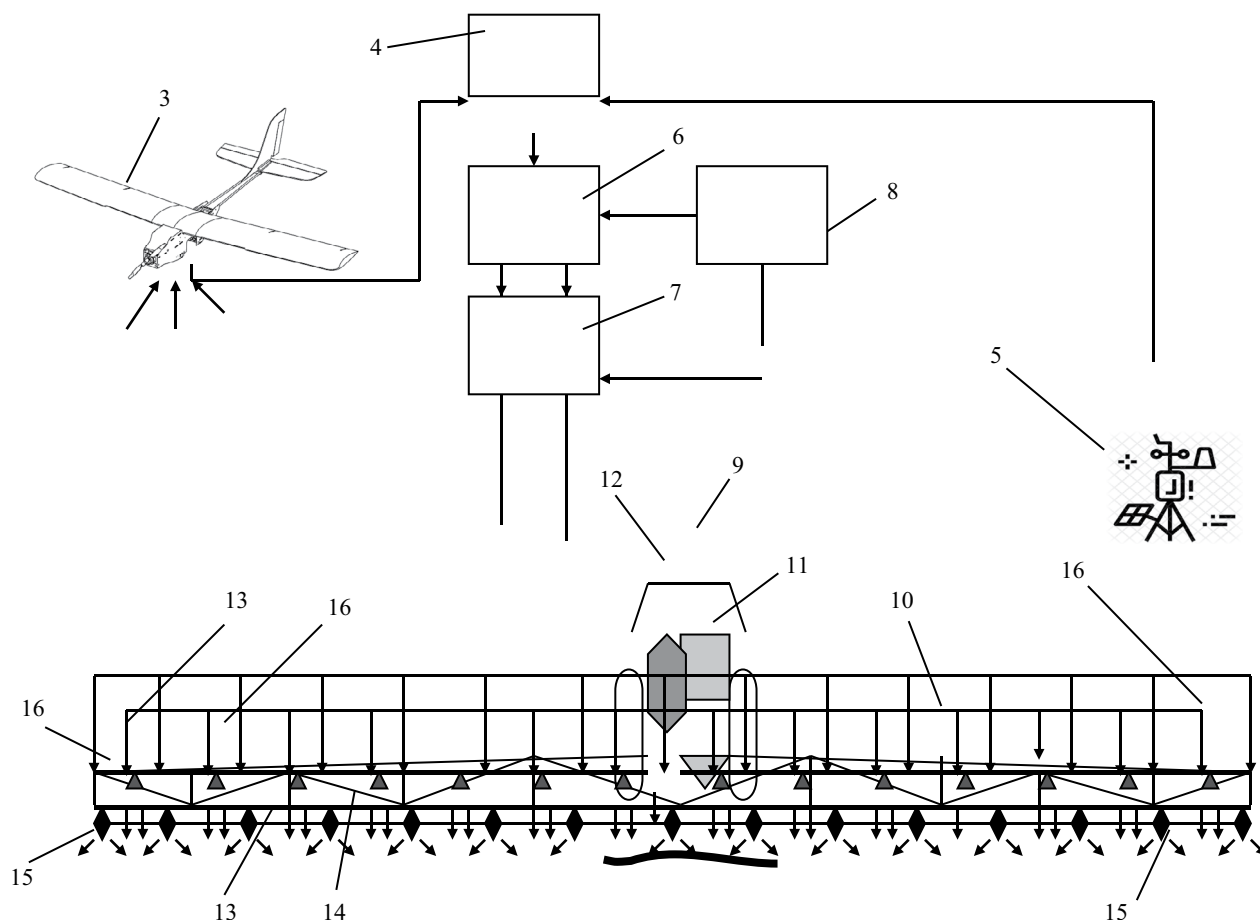


Рис. 3. Функциональная схема роботизированной технологической машины для осуществления оптимального управления состоянием агроценоза.

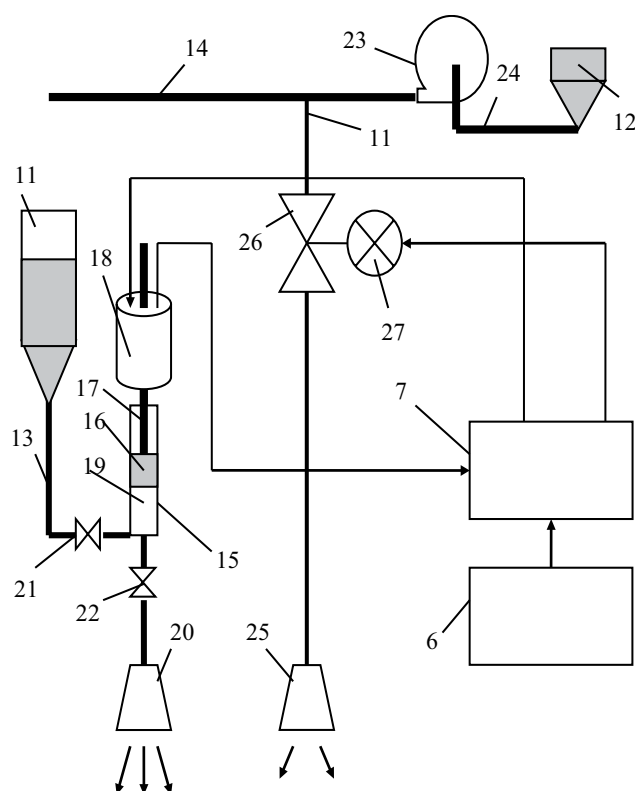


Рис. 4. Технологическая схема рабочих органов роботизированной технологической машины.

устройство 6, формирующее задания на дозы внесения жидких минеральных удобрений и гербицидов при переходе от одной линии малых фрагментов поля к другой, представляет собой бортовой управляющий компьютер, на котором также реализована база данных 4. Вход общего управляющего устройства соединен с выходом базы данных, соединенной с помощью радиомодемовой связи со средствами ДЗЗ, установленными на беспилотном летательном аппарате 3, а также с датчиками метеостанции 5.

Общее управляющее устройство 6 (рис. 5) включает в себя блок адаптации 28 математических моделей оптических измерений, ко входу которого посредством радиомодемовой связи подключены инструменты оптического дистанционного зондирования Земли, установленные на беспилотном летательном аппарате, блок адаптации 29 математических моделей параметров состояния агроценоза и почвенной среды, к которому подсоединены датчики метеостанции 5. Причем блоки адаптации математических моделей 28 и 29 оборудованы дополнительными входами для ввода информации о результатах отбора проб с тестовых площадок. Выходы блоков адаптации математических моделей соединены с блоками оценивания 30 в среднем по площади поля параметров состояния агроценоза, к входу которого также подключены средства оптического дистанционного зондирования Земли. Выход блока оценивания 30 соединен с входом блока формирования 31 программ средних по полю параметров технологических операций, куда подается прогнозная

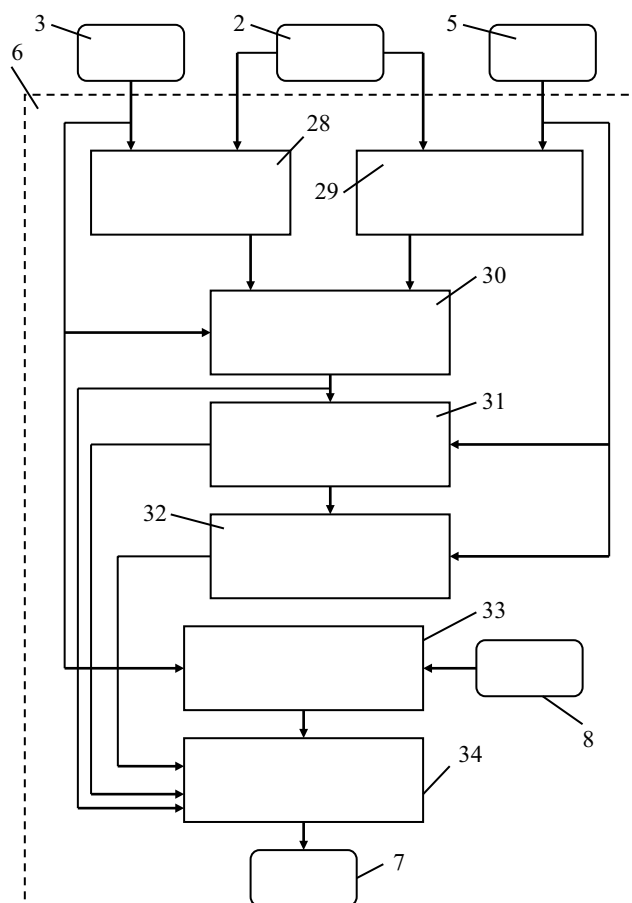


Рис. 5. Блок-схема общего управляющего устройства роботизированной технологической машины.

информация о метеопараметрах с датчиков метеостанции. Выход блока 31 соединен с входом блока 32 оптимальных средних по полю программ изменения параметров состояния агроценоза. Кроме блока 30, общее управляющее устройство 6 содержит блок оценивания 33 параметров состояния агроценоза на каждом малом фрагменте поля, к входу которого подсоединены средства оптического ДЗЗ, а к выходу – блок формирования 34 поправок к средним оптимальным значениям параметров технологических операций для каждого малого фрагмента поля, к входам которого подключены выходы блоков 30, 31 и 32, а выход блока 34 соединен с входами двухканального исполнительного регулятора 7.

Выводы. Высокая эффективность предлагаемого автоматизированного комплекса управления агротехнологией в точном земледелии достигается развитием общей теории управления, реализованной в блоке управления комплекса, и высокой степени дифференциации технологических операций в роботизированной исполнительной технологической машине. Высокая точность выполнения задач агрегата управления осуществляется путем автоматизации режимов рабочих органов (оснащение исполнительными механизмами и средствами обратной связи в зависимости от объема технологической операции) на локальных участках для внесения жидких минеральных удобрений и гербицидов. Оптимальные решения задач находятся с использованием новых средств оценки состояния агроценозов на основе данных ДЗЗ. Реализуется

общесистемная обратная связь управления агротехнологией и достижение заданного конечного результата. Дополнительная эффективность управления агротехнологией достигается одновременным формированием технологических операций по внесению минеральных удобрений и обработок гербицидами. Это обеспечивает рациональное использование минеральных удобрений, ускоряет инактивацию поступившего гербицида, повышает устойчивость к нему защищаемых растений, снижает затраты.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Емельянов Ю.Я., Копылов Е.В., Кириллова Е.В. Эффективность гербицидов в сочетании с удобрениями на яровой пшенице // Нива Зауралья. 2014. Vol. 6 (106). С. 18–23. <https://doi.org/10.32861/jac.91.130.136>
2. Корсаков К.В., Стрижков Н.И., Пронько В.В. Комбинированное применение удобрений, гербицидов и регуляторов роста при возделывании овса и проса в Поволжье. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (120). PP. 24–32.
3. Михайленко И.М. Способ одновременного дифференцированного внесения жидких минеральных удобрений и гербицидов и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2772889 от 26 мая 2022 г.
4. Михайленко И.М. Теоретические основы и техническая реализация управления агротехнологиями. Изд. СПбГТУ. 2017. 250 с.
5. Точное земледелие: учебник. Практическое пособие / под ред. Д. Шпаар, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. СПб. Пушкин. 2009. 397 с.
6. Benjamin L.R., Milne A.E., Parsons D.J. et al. Using stochastic dynamic programming to support weed management decisions over a rotation // Weed Res. 2009. Vol. 49. PP. 207–216. <https://doi.org/10.1111/J.1365-3180.2008.00678.X>
7. Bessette D., Wilson R., Beaudrie C., Schroeder C. An online decision support tool to evaluate ecological weed management strategies // Weed Sci. 2019. Vol. 67. PP. 463–473. <https://doi.org/10.1017/wsc2019.21>
8. Bohanec M., Cortet J., Griffiths B. et al. A qualitative multi-attribute model for assessing the impact of cropping systems on soil quality // Pedobiologia. 2007. Vol. 51 (3). PP. 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2007.03.006>
9. Emmi L., Gonzalez-De-Soto M., Pajares G., Gonzalez-De-Santos P. New trends in robotics for agriculture: Integration and assessment of a real fleet of robots // The Scientific World Journal. 2014. 21 p. <https://doi.org/10.1155/2014/404059>
10. Oliver M., Bishop T., Marchant B. An overview of precision agriculture. In Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection // Eds. Rout. London. 2013. <https://doi.org/10.4324/9780203128329>
11. Precision agriculture technology for crop farming. Edited by Qin Zhang. Washington State University Prosser, Washington, USA. 2016. 382 p. <https://doi.org/10.1111/sum.12320>

REFERENCES

1. Emel'yanov Yu.Ya., Kopylov E.V., Kirillova E.V. Effektivnost' gerbicidov v sochetanii s udobreniyami na yarovoj pshenice // Niva Zauralya. 2014. Vol. 6 (106). S. 18–23. <https://doi.org/10.32861/jac.91.130.136>
2. Korsakov K.V., Strizhkov N.I., Pron'ko V.V. Kombinirovanoe primeneniye udobrenij, gerbicidov i regulyatorov rosta pri vozdeleyvanii ovsa i prosa v Povolzh'e. // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 4 (120). PP. 24–32.

3. Mihajlenko I.M. Spособ odnovremennogo differencirovanogo vneseniya zhidkih mineral'nyh udobrenij i gerbicidov i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya. Patent RF № 2772889 ot 26 maya 2022 g.
4. Mihajlenko I.M. Teoreticheskie osnovy i tekhnicheskaya realizaciya upravleniya agrotekhnologiyami. Izd. SPbGTU. 2017. 250 s.
5. Tochnoe zemledelie: uchebnik. Prakticheskoe posobie / pod red. D. Shpaar, A.V. Zaharenko, V.P. Yakusheva. SPb. Pushkin. 2009. 397 s.
6. Benjamin L.R., Milne A.E., Parsons D.J. et al. Using stochastic dynamic programming to support weed management decisions over a rotation // Weed Res. 2009. Vol. 49. PP. 207–216. <https://doi.org/10.1111/J.1365-3180.2008.00678.X>
7. Besette D., Wilson R., Beaudrie C., Schroeder C. An online decision support tool to evaluate ecological weed management strategies // Weed Sci. 2019. Vol. 67. PP. 463–473. <https://doi.org/10.1017/wsc2019.21>
8. Bohanec M., Cortet J. Griffiths B. et al. A qualitative multi-attribute model for assessing the impact of cropping systems on soil quality // Pedobiologia. 2007. Vol. 51 (3). PP. 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2007.03.006>
9. Emmi L., Gonzalez-De-Soto M., Pajares G., Gonzalez-De-Santos P. New trends in robotics for agriculture: Integration and assessment of a real fleet of robots // The Scientific World Journal. 2014. 21 p. <https://doi.org/10.1155/2014/404059>
10. Oliver M., Bishop T., Marchant B. An overview of precision agriculture. In Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection // Eds. Rout. London. 2013. <https://doi.org/10.4324/9780203128329>
11. Precision agriculture technology for crop farming. Edited by Qin Zhang. Washington State University Prosser, Washington, USA. 2016. 382 P. <https://doi.org/10.1111/sum.12320>

Поступила в редакцию 20.05.2024

Принята к публикации 03.06.2024

УДК 631.427:631.445.4

DOI: 10.31857/S2500208224050138, EDN: zslcqp

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

Наталья Анатольевна Чуян, доктор сельскохозяйственных наук
Анастасия Андреевна Дюкарева, аспирант, младший научный сотрудник
Галина Михайловна Брескина, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»,
г. Курск, Россия

E-mail: natalia-chuyan@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения микробоценоза чернозема типичного слабоэродированного под посевами кукурузы на зерно и овса в условиях применения агrobiотехнологий, включающих обработку семян, почвы, растений и послеуборочных остатков микробиологическими препаратами на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus*, а также использование азотных удобрений и известки при поверхностной заделке побочной продукции. Исследования проведены на территории ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район, Курский район, с. Панино) на двух полях. В 2022 году на первом поле (зерновой севооборот) возделывали овес посевной *Avena sativa* L. сорт Борец (предшественник — гречиха), на втором (зернопропашной) — гибрид кукурузы *Zea mays* L. сорт Делитон (предшественник — озимая пшеница). Почва — чернозем типичный малогумусный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. Установлено, что при уборке под кукурузой и овсом, независимо от факторов опыта (микробиологические препараты, азотные удобрения и известка) почва отличалась увеличением численности сапрофитной микрофлоры и микромицетов, по сравнению с фазой всходов культур. Внесение микробиологических препаратов на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus* с азотными удобрениями и побочной продукцией способствовало росту биогенности почвы, что в среднем за вегетацию превышало контроль на 43,9 и 57,2% соответственно под кукурузой и овсом. Отмечена максимальная численность микроскопических грибов при совместном применении Трихопланта, СК и Биогора-Ж с минеральным азотом, но под овсом содержание грибной микрофлоры на 8,9 тыс. КОЕ/г почвы было выше, чем под кукурузой. Наибольший коэффициент трансформации органического вещества наблюдали при инокуляции побочной продукции микробиологическими препаратами с известью, независимо от культуры и сроков определения.

Ключевые слова: микробиологические препараты, азотные удобрения, известка, побочная продукция, чернозем типичный, микробоценоз, гибрид кукурузы, овес посевной

MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF TYPICAL CHERNOZEM IN CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS USING AGROBIOTECHNOLOGY

N.A. Chuyan, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
A.A. Dyukareva, *PhD Student, Junior Researcher*
G.M. Breskina, *PhD in Agricultural Sciences*
Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia
E-mail: natalia-chuyan@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of a study of the microbial cenosis of typical slightly eroded chernozem under crops of corn for grain and oats under conditions of the use of agrobiotechnologies, including the treatment of seeds, soil, plants and post-harvest residues with microbiological preparations based on *Trichoderma* and *Lactobacillus*, as well as the use of nitrogen fertilizers and lime against the background of surface incorporation by-products. The research was carried out on the territory of the Federal State Budgetary Institution “Kursk FATS” (Medvensky district, Kursky district, Panino village) in two fields. In 2022, in the first field (grain crop rotation) oats (*Avena sativa* L.) variety “Borets” (predecessor – buckwheat) were cultivated, in the second (grain crop rotation) – hybrid corn (*Zea mays* L.) variety “Delitop” (predecessor – winter wheat). The soil of the experimental field is typical low-humus, slightly eroded, heavy loamy chernozem on carbonate loess-like loam. It was established that during the harvesting phase under corn and oats, regardless of the factors (microbiological preparations, nitrogen fertilizers and lime) of the experiment, the soil was characterized by an increase in the number of saprophytic microflora and micromycetes compared to the phase of crop germination. The introduction of microbiological preparations based on *Trichoderma* and *Lactobacillus* with nitrogen fertilizers and by-products contributed to an increase in soil biogenicity, which on average during the growing season exceeded the control by 43.9 and 57.2%, respectively, under corn and oats. The maximum number of microscopic fungi was noted with the combined use of *Trichoplant*, SK and *Biogor-Zh* with mineral nitrogen, but the soil under oats in terms of the content of fungal microflora was 8.9 thousand CFU/g soils exceeded their amount under corn crops. The highest value of the transformation coefficient of organic matter was observed when by-products were inoculated with microbiological preparations with lime, regardless of the culture and timing of determination (phases of germination and harvesting of crops).

Keywords: Microbiological preparations, nitrogen fertilizers, lime, by-products, typical chernozem, microbial cenosis, corn hybrid, seed oats

Микроорганизмы, осуществляя трансформацию растительных остатков и участвуя в формировании структуры почвы, образовании гумуса и его минерализации, играют важную роль в почвообразовании и сохранении плодородия. [1, 18]

На современном этапе развития сельского хозяйства активизация растительно-микробных систем возможна с применением живых микроорганизмов. Микробиота – незаменимая и неотъемлемая составляющая почвы, которая оказывает комплексное влияние на растения в агроценозах. [16] При бактеризации микробными препаратами семян происходит интродукция в агробиоценозы агрономически полезных микроорганизмов. [6]

Микробные препараты обеспечивают увеличение численности почвенных микроорганизмов. Наибольшее количество аммонификаторов, микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, отмечали в фазе цветения кукурузы. [9]

Микробные препараты активизируют почвенную микрофлору, положительно влияют на ферментативный статус растений, ограничивают развитие патогенной микрофлоры. [3]

Инокуляция семян озимой пшеницы биопрепаратом комплексного действия Ризоагрин 2 на фоне $N_{15}P_{23}$ положительно влияла на биологические свойства лугово-черноземной почвы, стимулировала рост численности почвенной микрофлоры. [12]

Отмечено заметное действие ассоциативных микроорганизмов на увеличение численности бактерий аммонификаторов (на 41%), актиномицетов (13,2), грибной микрофлоры (70,6%), ответственных за первичную деструкцию органических остатков. [13]

Введение аборигенного штамма целлюлолитического микромицета и дополнительных компонентов в систему способствовало ускорению разложения соломы, что приводило к оптимизации микробного сообщества почвы и повышению ее эффективного плодородия. [14]

Применение соломы в качестве органического удобрения повышало биологическую активность дерново-подзолистой почвы. Из-за увеличения численности почвенных микроорганизмов происходила активная минерализация органического вещества. [4]

Цель работы – изучить микробиологический состав чернозема типичного слабозероэродированного под кукурузой и овсом посевным в условиях агробиотех-

нологии, включающей обработку семян, почвы, растений и побочной продукции микробиологическими препаратами на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus*, а также использование азотных удобрений и извести на фоне поверхностной заделки в почву побочной продукции культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевой опыт с применением микробиологических препаратов и побочной продукции, азотных удобрений и извести на черноземе типичном слабосмытом заложен в 2018 году на территории ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район, Курский район, с. Панино) на двух полях. В 2022 году на первом поле (зерновой севооборот) возделывали овес посевной *Avena sativa* L., сорт *Борец* (предшественник – гречиха), на втором (зернопропашной) – гибрид кукурузы *Zea mays* L., сорт *Делитоп* (предшественник – озимая пшеница).

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

Комплексный препарат Биогор-Ж серии КМ создан на основе консорциума бактерий рода *Lactobacillus plantarum* 34, *Lactobacillus fermentum* 27, *Lactobacillus lactis* subsp. *lactis* AMS, *Saccharomyces cerevisiae* (cartsbergensis), *Azotobacter chroococcum* A-41, *Bacillus megaterium* Ф-3, генетически немодифицированных микроорганизмов, обладающих пробиотической, целлюлозоразлагающей, азотофиксирующей и фосфатомобилизующей способностями.

Во всех вариантах опыта после уборки предшествующих культур побочную продукцию (измельченные растительные остатки) использовали в качестве удобрения путем поверхностной заделки их в почву, кроме контроля, где их удаляли с поля и не применяли азотные удобрения, известь и биопрепараты.

Размер делянки – 240 м², учетная площадь – 152 м², два поля, семь вариантов, повторность – трехкратная.

Схема опыта: 1) контроль (без удобрений и побочной продукции); 2) измельченная побочная продукция (ПП) культуры; 3) ПП + азотные удобрения из расчета 10 кг д.в. N на 1 т соломы; 4) ПП + известь 1,5 т/га; 5) ПП + обработка семян микробиологическими препаратами (Трихоплант 2 л/т + Биогор-Ж 1 л/т) + обработка почвы перед посевом (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + обработка посевов два раза за вегетацию (Трихоплант 2 л/га + Биогор-Ж 1 л/га) + измельченной побочной продукции культуры (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га); 6) ПП + микробиологические препараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж + 10 кг д.в. N на 1 т побочной продукции; 7) ПП + микробиологические препараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж + известь 1,5 т/га.

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

В 2022 году наблюдали чередование периодов со сверхизбыточной увлажненностью в апреле и мае (ГТК = 4,59 и 2,75 соответственно), очень сильной засухливостью в июне (0,17), обеспеченным увлажнением в июле (1,12), очень сильной засухливостью в августе (0,35), со сверхизбыточной увлажненностью в сентябре (4,15), засухливостью в октябре (ГТК=0,72).

В составе микробиоценоза мы учитывали численность сапрофитных микроорганизмов в фазах всходов и уборки сельскохозяйственных культур, аммонификаторы азота — на мясопептонном агаре (МПА), иммобилизаторы азота и актиномицеты — на крахмало-амиачном агаре (КАА), микроскопические грибы — на среде Чапека. [5]

Коэффициент трансформации органического вещества (Ктр.), показывающий направленность процессов гумусообразования позволяет оценить изменения направленности микробиологических процессов: $K_{\text{тр.}} = (M_{\text{ПА}} + K_{\text{АА}}) \times M_{\text{ПА}}/K_{\text{АА}}$. Коэффициент минерализации (Кмин.) отражает интенсивность микробиологической мобилизации азота в почве: $K_{\text{мин.}} = K_{\text{АА}}/M_{\text{ПА}}$. [10]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Инокуляция семян микробиологическими препаратами и обработка ими почвы и посевов изменила направленность микробиологических процессов и численность физиологических групп.

При совместном внесении соломы и минеральных удобрений повышение численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на КАА), говорит о преобладании минерализационных процессов над аккумулятивными, что не способствует закреплению органического вещества в почве. [8]

Об этом свидетельствуют наибольшие показания численности амилитических (КАА) групп микро-

организмов в вариантах с побочной продукцией и азотными удобрениями, по сравнению с другими компонентами опыта (микробиологические препараты и известь). Они превышали контрольные данные на 55,3 и 60,0% соответственно по овсу и кукурузе. Интенсивнее процесс минерализации протекал в условиях совместного внесения обработанной побочной продукции азотными удобрениями с Трихоплантом, СК и Биогором-Ж (вариант 6) по овсу на 62,7, кукурузе — 68,5% (табл. 1).

Применение всех компонентов (азотные удобрения, микробиологические препараты и известь) повысило численность протеолитических (МПА) бактерий в почве по отношению к контролю, независимо от культуры. Развитие аммонифицирующих микроорганизмов в фазе всходов характеризовалось низкой активностью. Лучшая среда для протеолитической группы микроорганизмов по овсу и кукурузе в среднем по опыту — микробиологические препараты с известью 9,10 и 7,34 млн КОЕ / г почвы соответственно.

По количеству микромицетов можно судить о процессах микробиологической минерализации органического вещества. Относительно контроля во всех вариантах опыта наблюдался прирост грибной микрофлоры. У овса активность данной группы микроорганизмов выше, по сравнению с кукурузой.

Интенсивность развития микрофлоры отмечена в первой половине лета при ГТК, близком 1,0. Но в острозасушливые и переувлажненные периоды микробиологические процессы ингибируются, что ведет к уменьшению численности бактерий. Активность микробиологических процессов варьирует в зависимости от температуры воздуха и почвы в период наблюдений. [15] Низкая активность развития аммонифицирующей группы микроорганизмов микрофлоры в фазе всходов связана с неблагоприятными гидротермическими условиями. Несмотря на повышенный ГТК (2,75) в мае, период отбора образцов (июнь) характеризовался уменьшением количества осадков (ГТК = 0,17) и понижением температуры воздуха на $3,8^{\circ}\text{C}$, по сравнению с нормой, что негативно сказалось на интенсивности микробиологической активности.

По показателю биогенности почвы, складывающейся из суммы активности амилитических (КАА) и протеолитических (МПА) бактерий, можно судить о том, что все факторы опыта положительно отразились на процессе микробиологического преобразования органического вещества, независимо от культуры (рис. 1).

Наибольшая биогенность по кукурузе проявилась в варианте с внесением азотных удобрений и микробиологических препаратов (вариант 6) — 19,4 млн КОЕ/г почвы. Положительный эффект был от внесения извести с побочной продукцией и совместно с микробными препаратами (на 71,0 и 73,8% выше контроля). Микробиологические препараты уступали действию азотных удобрений, совместного их внесения с биопрепаратами (вариант 6) и приему с использованием их с известью на 8,5, 17,0 и 13,4% соответственно.

По овсу сохранялась такая же тенденция увеличения биогенности почвы, где активность проявили микробиологические препараты с азотными удобрениями — 23,6 млн КОЕ/г почвы. Действие микробных препаратов (вариант 5) незначительно уступало азот-

Таблица 1.

Показатели почвы в опыте с микробиологическими препаратами на посевах овса и кукурузы (всходы)

Вариант	МПА*	КАА	Актиномицеты	Грибы на среде Чапека
	млн КОЕ/ г почвы			тыс. КОЕ/ г почвы
Овес посевной				
Контроль (без удобрений и микробиологических препаратов)	5,0	9,40	1,40	20,5
Измельченная побочная продукция – фон	4,76	11,14	1,73	34,3
Фон + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции	6,95	14,60	2,05	42,7
Фон + известь 1,5 т/га	7,50	12,24	1,87	27,4
Фон + Трихоплант, СК + Биогор-Ж – агробиотехнология 1	6,84	13,58	1,77	38,6
Агротехнология 1 + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции – агробиотехнология 2	8,36	15,30	2,19	46,8
Агробиотехнология 1+ известь 1,5 т/га – агробиотехнология 3	9,10	13,16	2,24	33,6
НСР ₀₅	0,44	0,53	0,26	5,35
Кукуруза				
Контроль (без удобрений и микробиологических препаратов)	3,24	7,5	1,34	17,6
Измельченная побочная продукция – фон	4,70	9,27	1,58	30,4
Фон + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции	5,63	12,0	2,05	37,2
Фон + известь 1,5 т/га	7,15	11,61	1,94	25,5
Фон + Трихоплант, СК + Биогор-Ж – агробиотехнология 1	5,27	10,83	1,80	34,8
Агротехнология 1 + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции – агробиотехнология 2	6,8	12,64	1,98	39,0
Агробиотехнология 1+ известь 1,5 т/га – агробиотехнология 3	7,34	11,25	2,16	27,7
НСР ₀₅	0,38	0,60	0,32	3,41

Примечание. * МПА – аммонифицирующие микроорганизмы на мясопептонном агаре; КАА – амилалитические микроорганизмы на крахмало-аммиачном агаре; микромицеты (микроскопические грибы) на среде Чапека. То же в табл. 2, 3.

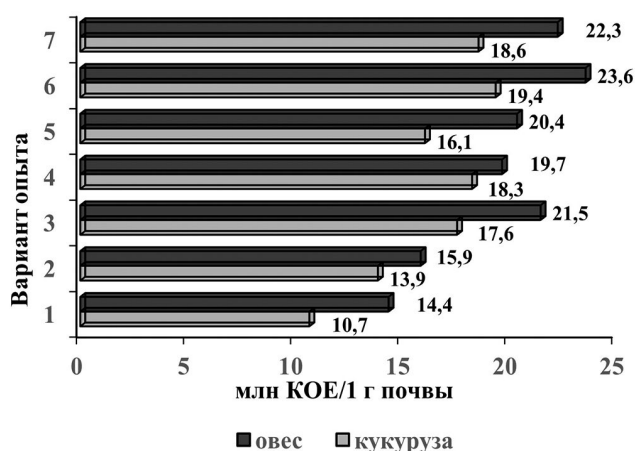


Рис. 1. Биогенность (МПА + КАА) почвы в фазе всходов, млн КОЕ / г почвы.

ным удобрениям (вариант 3) – на 5,1 и 8,5% варианту применения их с известью и совместному внесению азотных удобрений с Трихоплантом, СК и Биогором-Ж на 13,6%, но на 41,6% превышало контроль. На участке под овсом увеличилась биогенность почвы, по сравнению с почвой под кукурузой из-за преобладания в микробном ценозе микроорганизмов, потребляющих минеральные источники азота (рис. 1).

Главное во влиянии ассоциативных препаратов на биологическую активность чернозема типичного – изменение направленности микробиологических процессов трансформации органического вещества (Ктр.) в сторону развития процесса гумусообразования. По кукурузе максимальная активность трансформации

органического вещества была при совместном внесении микробиологических препаратов с известью, где коэффициент трансформации (Ктр.) превышал на 60,5% активность микробиологических препаратов и 20,4% совместное внесение их с азотными удобрениями, но активнее процесс трансформации в 1,7 раза проявился к контролю (рис. 2).

В почве на посевах овса наибольший коэффициент минерализации наблюдали в варианте с внесением побочной продукции (вариант 2) – 2,3. Высокий коэффициент трансформации отмечен в варианте использования побочной продукции с микробиологическими препаратами и известью – 15,4 (рис. 3).

К концу вегетации в фазе уборки на всех удобренных делянках содержание микроорганизмов в почве превышало контроль. В варианте с минеральным азотом совместно с Трихоплантом, СК и Биогором-Ж по кукурузе отмечено усиление развития микроорганизмов, участвующих в минерализации (КАА) гумусовых веществ на 28,7%, по сравнению с неудобренным участком (вариант 1) (табл. 2).

Использование азотных удобрений ускоряет разложение органических веществ, содержащихся в почве, особенно послеуборочных растительных остатков. Вариант с азотными удобрениями и побочной продукцией характеризовался также на 30,8% более интенсивным минерализационным процессом, по сравнению с контролем. Действие микробиологических препаратов (вариант 5) и внесение их с известью (вариант 7) имело стимулирующий эффект в разложении органики и превышало контроль на 23,3 и 24,7% соответственно.

Учет количества бактерий аммонификаторов под кукурузой позволяет утверждать о положительном

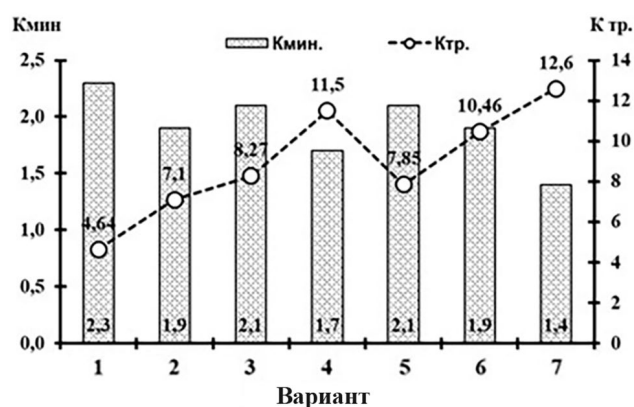


Рис. 2. Показатели интенсивности (Ктр. — коэффициент трансформации) и направленности микробиологической мобилизации азота (Кмин. — коэффициент минерализации) в почве под кукурузой.

влиянии ризобактерий на активность этой группы микроорганизмов, где вариант с внесением микробиологических препаратов Трихоплант, СК и Биогор-Ж превысил контроль на 16,2%. Комплексное внесение азотных удобрений с препаратами на 12 млн КОЕ / 1 г почвы, по отношению к контролю, также стимулировало развитие аммонифицирующих (МПА) микроорганизмов.

Совместное внесение микробиологических препаратов и азотных удобрений с побочной продукцией (вариант 6) обеспечивало развитие грибной микрофлоры, где содержание ее превысило контроль на 32,6%. Активность микромицетов в варианте совместного применения азотных удобрений с препаратами

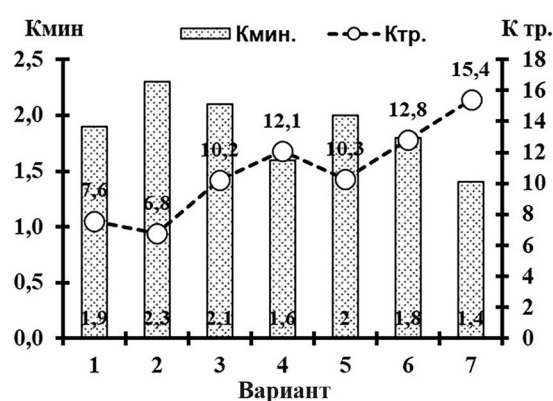


Рис. 3. Показатели интенсивности (Ктр. — коэффициент трансформации) и направленности микробиологической мобилизации азота (Кмин. — коэффициент минерализации) в почве под овсом.

была выше на 14,5 и 7,2%, по отношению к вариантам инокуляции микробиологическими препаратами (вариант 5) и внесению азотных удобрений с побочной продукцией (вариант 3) соответственно.

По овсу варианты внесения извести с побочной продукцией (вариант 4) и совместно с микробиологическими препаратами (вариант 7) обеспечили максимальную численность аммонифицирующих (МПА) микроорганизмов в почве, что превысило контроль на 74,6 и 80,9% (табл. 3).

Трихоплант, СК и Биогор-Ж увеличивали численность аммонифицирующих микроорганизмов на 49,2%, по сравнению с контролем, но по отношению к комплексному внесению микробиологических

Микробиологические показатели почвы в опыте с биопрепаратами в посевах кукурузы (уборка)

Таблица 2.

Вариант	МПА*	КАА	Актиномицеты	Грибы на среде Чапека
	млн КОЕ/г почвы			тыс. КОЕ/г почвы
Контроль (без удобрений и микробиологических препаратов)	7,4	15,0	1,84	40,4
Измельченная побочная продукция – фон	7,9	17,6	1,96	48,2
Фон + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции	10,8	20,7	2,05	50,0
Фон + известь 1,5 т/га	9,4	18,2	2,64	36,1
Фон + Трихоплант, СК + Биогор-Ж – агробиотехнология 1	8,6	18,5	2,41	46,8
Агротехнология 1 + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции – агробиотехнология 2	9,0	19,3	2,16	53,6
Агробиотехнология 1+ известь 1,5 т/га – агробиотехнология 3	10,3	18,7	3,05	43,5
НСР ₀₅	0,38	0,46	0,12	2,85

Микробиологические показатели почвы в опыте с биопрепаратами в посевах ярового овса (уборка)

Таблица 3.

Вариант	МПА*	КАА	Актиномицеты	Грибы на среде Чапека
	млн КОЕ/г почвы			тыс. КОЕ/г почвы
Контроль (без удобрений и микробиологических препаратов)	6,3	13,9	2,04	38,5
Измельченная побочная продукция – фон	8,4	16,7	1,88	53,0
Фон + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции.	10,5	19,8	2,42	60,7
Фон + известь 1,5 т/га	11,0	18,5	3,15	44,6
Фон + Трихоплант, СК + Биогор-Ж – агробиотехнология 1	9,4	19,3	2,60	51,3
Агротехнология 1 + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции – агробиотехнология 2	10,8	20,2	2,87	64,2
Агробиотехнология 1+ известь 1,5 т/га – агробиотехнология 3	11,4	17,6	3,30	55,4
НСР ₀₅	0,61	1,45	0,31	4,25

препаратов с азотными удобрениями и применению микробных препаратов с известью наблюдалось их снижение на 13 и 17,5% соответственно данным вариантам.

Улучшение условий корневого питания после внесения минерального азота с микробиологическими препаратами (вариант 6) в посевах овса активизировало деятельность микроорганизмов, произрастающих на среде КАА, что на 45,3% превышало контроль. Инокуляция микробиологическими препаратами (вариант 5) и азотными удобрениями (вариант 3) побочной продукции, по отношению к контролю, также стимулировала деятельность амилитической группы микроорганизмов на 38,8 и 42,4% соответственно.

Важную роль в процессе формирования потенциального плодородия отводят исследованиям по влиянию биопрепаратов на развитие микроорганизмов-утилизаторов пожнивных остатков. [11] Обнаружено, что микробные препараты стимулировали развитие группы микроорганизмов-актиномицетов, которые участвуют в более поздних стадиях минерализации органического вещества и разлагают соединения, недоступные другим бактериям и грибам.

Количество актиномицетов в ризосфере корней растений после обработки Трихоплантом, СК и Биогором-Ж превысило контроль, независимо от культур, что свидетельствует об оптимизации микробного ценоза в ризосфере в направлении вытеснения фитопатогенных микроорганизмов и освоения ниши для развития агрономически полезной микрофлоры. [7] Преобладающая концентрация микромицетов обнаружена в почве в вариантах совместного внесения биопрепаратов с азотными удобрениями – 64,2 тыс. КОЕ /г почвы, что превышало контроль на 66,7%.

Перед уборкой все факторы опыта (азотные удобрения, Трихоплант, СК + Биогор-Ж и известь), по отношению к контролю, независимо от культуры

оказали положительное действие на процесс иммобилизации (МПА/КАА) азотсодержащих соединений органического вещества почвы. Это способствовало закреплению внесенного минерального азота, содействуя его сохранению и аккумуляции в зоне корневой системы, где коэффициент трансформации превышал контрольный вариант.

К контролю по обеим культурам наблюдали увеличение активности процесса трансформации органического вещества. Максимальные значения по кукурузе отмечены в варианте с азотными удобрениями и побочной продукцией (вариант 3), где коэффициент трансформации (Ктр.) превышал на 31,2% активность микробиологических препаратов (вариант 5) и 23,3% вариант с комплексным внесением Трихопланта, СК и Биогора-Ж с азотными удобрениями (вариант 6). Микробиологические препараты с известью также обеспечивали повышение процесса трансформации органического вещества.

На опытном участке с овсом при обработке побочной продукции известью ускорялся процесс трансформации органического вещества, по отношению к вариантам с азотными удобрениями (вариант 3) на 15,6 и 31,2% с внесением микробиологических препаратов (вариант 5).

Засушливому периоду уборки культур (ГТК = 0,38) предшествовали благоприятные гидротермические условия в конце июля (ГТК = 1,12), совпавшие с фазой формирования и налива зерна, что способствовало процессу интенсивной трансформации органических соединений.

Реминерализация иммобилизованного азота позволяет более равномерно снабжать растения его усвояемыми формами и обеспечивать увеличение урожайности культур, что подтверждается результатами наших исследований. [2] По выходу зерна овса ярового и кукурузы наблюдали его увеличение по отношению к контролю в 1,5 и 2,0 раза соответственно, в зависимости от компонентов опыта.

Таблица 4.
Влияние агробиотехнологий на отдельные показатели биологической активности ризосферы кукурузы и овса (уборка)

Вариант	Биогенность почвы, млн КОЕ/ г почвы	К мин. *	К тр.**
Кукуруза			
Контроль (без удобрений и микробиологических препаратов)	22,4	2,0	10,9
Измельченная побочная продукция – фон	25,5	2,2	11,5
Фон + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции	31,5	1,92	16,4
Фон + известь 1,5 т/га	27,6	1,94	14,4
Фон + Трихоплант, СК + Биогор-Ж – агробиотехнология 1	27,1	2,2	12,5
Агротехнология 1 + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции – агробиотехнология 2	28,3	2,1	13,3
Агробиотехнология 1+ известь 1,5 т/га – агробиотехнология 3	29,0	1,82	16,0
Овес яровой			
Контроль (без удобрений и микробиологических препаратов)	20,2	2,10	9,14
Измельченная побочная продукция – фон	25,1	1,98	12,6
Фон + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции	30,3	1,88	16,0
Фон + известь 1,5 т/га	29,9	1,62	18,5
Фон + Трихоплант, СК + Биогор-Ж агробиотехнология 1	28,7	2,05	14,1
Агротехнология 1 + N ₁₀ кг д. в./т побочной продукции – агробиотехнология 2	30,7	1,93	15,4
Агробиотехнология 1+ известь 1,5 т/га – агробиотехнология 3	28,6	1,60	17,2

Примечание. * К мин. – коэффициент минерализации почвы, ** К тр. – коэффициент трансформации органических соединений.

По сравнению с контролем все факторы опыта по кукурузе и овсу имели стимулирующий эффект в повышении трансформации органического вещества из-за увеличения общей биогенности почвы.

Наибольшая биогенность по кукурузе проявилась в варианте с внесением азотных удобрений по растительным остаткам (вариант 3) — 31,5 млн КОЕ/г почвы. Влияние известки как компонента опыта с микробиологическими препаратами (вариант 7) незначительно (на 7,9%) уступало варианту 3, но на 31,8% биогенность почвы превышала контрольный вариант. Действие биопрепаратов (вариант 5) было слабее азотных удобрений (вариант 3) и комплексного их использования с биопрепаратами (вариант 6) на 14,0 и 4,2% соответственно и превышало контроль на 32,4% (табл. 4).

По овсу наблюдали увеличение биогенности почвы при обработке послеуборочных остатков азотными удобрениями (вариант 3) и в комплексе с микробиологическими препаратами (вариант 6), где величины биогенности были равнозначны и на 50...52% соответственно превышали контроль. Общая численность амилотических (КАА) и аммонифицирующих (МПА) микроорганизмов в варианте с микробиологическими препаратами (вариант 5) по отношению к опытам с применением азотных удобрений (вариант 3) и использованием микробиологических препаратов на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus* (вариант 6) незначительно уступала — на 5,3 и 6,5% соответственно, но на 42,1% была выше по сравнению с контролем (табл. 4).

Различия в микробиологической активности чернозема типичного в среднем за вегетацию кукурузы и овса, возможно, связаны с тем, что влажность почвы под овсом была выше на 2,8...5,3% и больше накапливалось негумифицированного органического вещества (на 0,80...2,45 т/га), служащего источником питания и развития микрофлоры, по сравнению с участком, занятым кукурузой, независимо от факторов опыта. [17]

Выводы. Таким образом, общая численность аммонифицирующих и амилотических микроорганизмов в почве под посевами овса с применением агробиотехнологии, в среднем за вегетацию, была на 8,2% выше, чем под кукурузой.

Наибольшая биогенность чернозема типичного выявлена при внесении микробиологических препаратов на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus* с азотными удобрениями на фоне поверхностной заделки побочной продукции на удобрение, что в среднем за вегетацию превышало контроль на 43,9 и 57,2% соответственно по кукурузе и овсу.

Отмечено увеличение численности микроскопических грибов от действия всех факторов (микробиологические препараты, азотные удобрения и известка) опыта по отношению к контролю. Независимо от культуры, в среднем за вегетацию, максимальное значение микромицетов наблюдали в варианте совместного применения Трихопланта, СК и Биогора-Ж с минеральным азотом, но почва под посевами овса имела повышенное содержание грибной микрофлоры на 8,9 тыс. КОЕ/г почвы, по сравнению с посевами кукурузы.

Фаза уборки, независимо от культуры и факторов опыта, отличалась увеличением численности сапро-

фитной микрофлоры и микроскопических грибов, минерализационные процессы в почве под кукурузой протекали сильнее, а синтез органического вещества интенсивнее проходил под овсом. Инокуляция побочной продукции микробиологическими препаратами с известью обеспечивала наибольшую величину коэффициента трансформации органического вещества, независимо от культуры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Андронов Е.Е., Иванова Е.А., Першина Е.В. и др. Анализ показателей почвенного микробиома в процессах, связанных с почвообразованием, трансформацией органического вещества и тонкой регуляцией вегетационных процессов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. № 80. С. 83–94.
2. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: РАСХН, Сибирское отделение, 2013. 790 с.
3. Гвоздева М.С., Волкова Г.В. Оценка эффективности биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции на озимой пшенице // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 7. С. 43–48.
4. Дзюин А.Г. Влияние соломы в сочетании с минеральными, органическими и сидеральными удобрениями на биологическую активность почвы // Агрохимия. 2022. № 11. С. 72–79. <https://doi.org/10.31857/S0002188122110059>
5. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология. 5-е изд., перераб. и доп. М. Дрофа, 2005. 445 с.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. С. 48.
7. Пусенкова Л.И., Ильясова Е.Ю., Ласточкина О.В. и др. Изменение видового состава микрофлоры ризосферы и филлосферы сахарной свеклы под влиянием биопрепаратов на основе эндофитных бактерий и их метаболитов // Почвоведение. 2016. № 10. С. 1205–1213.
8. Русакова И.В. Изучение экологического состояния микробного сообщества дерново-подзолистой почвы при длительном применении соломы и минеральных удобрений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 6. С. 120–124.
9. Терехов А.С., Зенова Г.М., Кожевин П.А., Михайлова Н.В. Мультистратное тестирование популяций почвенных актиномицетов // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2011. № 2. С. 10–13.
10. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества / научно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородская с.-х. академия, 2012. 64 с.
11. Фаизова В.И., Цховребов В.С., Лысенко В.Я. и др. Применение микробных препаратов на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. // Земледелие. 2020. № 3. С. 27–29.
12. Хамова О.Ф., Тукмачева Е.В., Шулико Н.Н. Влияние применения минеральных удобрений, соломы и инокуляция семян на микрофлору ризосферы озимой пшеницы и ее урожайность. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 49–58.
13. Чевердин А.Ю. Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных микроорганизмов на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя в ЦЧР / Дисс. на соискание уч. ст. канд. с.-х наук 06.01.01. — общее земледелие, растениеводство. Каменная Степь, 2021. 167 с.

14. Черепухина И.В., Безлер Н.В., Колесникова М.В. Зависимость эффективности использования соломы зерновых культур с дополнительными компонентами от погодных условий года // *Агрохимия*. 2019. № 6. С. 64–71.
15. Юмашев Х.С., Захарова И.А. Микробиологическая активность выщелоченного чернозема при различных способах утилизации соломы // *Плдородие*. 2018. № 2. С. 33–35.
16. Emelyanov S.A., Mandra Y.A., Gudiev et al. Effekts of Anthropogenic Environmental and Food Safety // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7. No.6. P. 718–724.
17. Fliessbach A., Mäder P. Microbial biomass and sizedensity fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems // *Soil Biol. Biochem.* 2000. V. 32. No. 6. P. 757–768.
18. Schulz S., Brankatschk R., Dumig A. et al. The role of microorganisms at different stages of ecosystem development for soil formation // *Biogeosciences*. 2013. V. 10. P. 3983–3996.
8. Rusakova I.V. Izuchenie ekologicheskogo sostoyaniya mikrobного soobshchestva dernovo-podzolistoj pochvy pri dlitel'nom primeneni solomy i mineral'nyh udobrenij // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy*. 2018. № 6. S. 120–124.
9. Terekhov A.S., Zenova G.M., Kozhevin P.A., Mihajlova N.V. Mul'tisubstratnoe testirovanie populyacij pochvennyh aktinomicetov // *Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 17, pochvovedenie*. 2011. № 2. S. 10–13.
10. Titova V.I., Kozlov A.V. Metody ocenki funkcionirovaniya mikrobiotsenoza pochvy, uchastvuyushchego v transformacii organicheskogo veshchestva / nauchno-metodicheskoe posobie. Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskaya s.-h. akademiya, 2012. 64 s.
11. Faizova V.I., Ckhovrebov V.S., Lysenko V.Ya. i dr. Primenenie mikrobnyh preparatov na chernozeme obyknovennom v zone neustojchivogo uvlazhneniya Central'nogo Predkavkaz'ya. // *Zemledelie*. 2020. № 3. S. 27–29.
12. Hamova O.F., Tukmacheva E.V., Shuliko N.N. Vliyanie primeneniya mineral'nyh udobrenij, solomy i inokulyatsiya semyan na mikrofloru rizosfery ozimoy pshenicy i ee urozhajnost'. // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 6 (188). S. 49–58.
13. Cheverdin A.Yu. Vliyanie biopreparatov na osnove associativnyh mikroorganizmov na plodorodie chernozema obyknovennogo i urozhajnost' yachmenya v CChR / Diss. na soiskanie uch. st. kand. s.-h nauk 06.01.01. — obshchee zemledelie, rastenievodstvo. Kamennaya Step', 2021. 167 s.
14. Cherepukhina I.V., Bezler N.V., Kolesnikova M.V. Zavisimost' effektivnosti ispol'zovaniya solomy zernovykh kul'tur s dopolnitel'nymi komponentami ot pogodnykh uslovij goda // *Agrohimiya*. 2019. № 6. S. 64–71.
15. Yumashev H.S., Zaharova I.A. Mikrobiologicheskaya aktivnost' vyshchelochennogo chernozema pri razlichnykh sposobakh utilizatsii solomy // *Plodorodie*. 2018. № 2. S. 33–35.
16. Emelyanov S.A., Mandra Y.A., Gudiev et al. Effekts of Anthropogenic Environmental and Food Safety // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7. No.6. P. 718–724.
17. Fliessbach A., Mäder P. Microbial biomass and sizedensity fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems // *Soil Biol. Biochem.* 2000. V. 32. No. 6. P. 757–768.
18. Schulz S., Brankatschk R., Dumig A. et al. The role of microorganisms at different stages of ecosystem development for soil formation // *Biogeosciences*. 2013. V. 10. P. 3983–3996.

REFERENCES

1. Andronov E.E., Ivanova E.A., Pershina E.V. i dr. Analiz pokazatelej pochvennogo mikrobioma v processah, svyazannyh s pochvoobrazovaniem, transformaciej organicheskogo veshchestva i tonkoj regulyatsiej vegetatsionnyh processov // *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. 2015. № 80. S. 83–94.
2. Gamzikov G.P. Agrohimiya azota v agrocenozah. Novosibirsk: RASHN, Sibirskoe otdelenie, 2013. 790 s.
3. Gvozdeva M.S., Volkova G.V. Ocenka effektivnosti biologicheskikh protiravitelej protiv semennoj i pochvennoj infekcii na ozimoy pshenice // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020. T. 34. № 7. S. 43–48.
4. Dzyuin A.G. Vliyanie solomy v sochetanii s mineral'nymi, organicheskimi i sideral'nymi udobreniyami na biologicheskuyu aktivnost' pochvy // *Agrohimiya*. 2022. № 11. S. 72–79. <https://doi.org/10.31857/S0002188122110059>
5. Emcev V.T., Mishustin E.N. Mikrobiologiya. 5-e izd., pererab. i dop. M. Drofa, 2005. 445 s.
6. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika pochvy: metodologiya i metody issledovaniy. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2012. S. 48.
7. Pusenkova L.I., Il'yasova E.Yu., Lastochkina O.V. i dr. Izmenenie vidovogo sostava mikroflory rizosfery i fillosfery saharnoj svekly pod vliyaniem biopreparatov na osnove endofitnykh bakterij i ih metabolitov // *Pochvovedenie*. 2016. № 10. S. 1205–1213.

Поступила в редакцию 24.04.2024

Принята к публикации 08.05.2024

РЕГУЛЯТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПЛОДОВОДСТВЕ

Евгений Алексеевич Егоров, академик РАН, профессор

Жанна Александровна Шадрина, доктор экономических наук, профессор РАН

Гаянэ Агоповна Кочьян, кандидат экономических наук, доцент

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Россия

E-mail: gayanek@mail.ru

Аннотация. Обоснована необходимость разработки системы регуляторов обеспечения устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве. Дана оценка эффективности производства плодовой продукции в Российской Федерации. Выявлены факторы, влияющие на снижение устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве: рост стоимости приобретаемых ресурсов; высокая себестоимость готовой продукции; сокращение доли субсидий в создаваемой стоимости насаждения; недостаточность собственных финансовых средств у сельхозтоваропроизводителей для осуществления плановых реноваций насаждений, обновления фондов производственной инфраструктуры. Указаны функциональные диспропорции в организации промышленного плодоводства: внутренние структурные дисбалансы; высокая ресурсоемкость производственно-технологических процессов; несоблюдение оптимальной сопоставимости производственно-экономических показателей. Систематизированы обобщающие критерии устойчивости воспроизводственных процессов: способность системы противостоять отрицательным воздействиям экономического и природного характера; наращивание возможностей расширенного воспроизводства всех используемых ресурсов; обеспечение качественного изменения производственных, социально-экономических, экологических параметров системы. Дана характеристика и оценка эффективности регуляторов устойчивости воспроизводственных процессов (макроэкономические, технико-технологические и экономические), разработана система по функциональным областям воздействия, предложен алгоритм обоснования необходимой размерности.

Ключевые слова: регуляторы, устойчивость, воспроизводственные процессы, промышленное плодоводство, эффективность

REGULATORS FOR ENSURING THE SUSTAINABILITY OF REPRODUCTIVE PROCESSES IN INDUSTRIAL FRUIT GROWING

E.A. Egorov, Academician of the RAS, Professor

Zh.A. Shadrina, Grand PhD in Economic Sciences, Professor of the RAS

G.A. Kochyan, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture,

Wine-making, Krasnodar, Russia

E-mail: gayanek@mail.ru

Abstract. The necessity of developing a system of regulators to ensure the sustainability of reproductive processes in industrial fruit growing is substantiated. An assessment of the efficiency of fruit production in the Russian Federation is given. The factors influencing the decrease in the stability of reproductive processes in industrial fruit growing are identified: an increase in the cost of purchased resources; high cost of finished products; a reduction in the share of subsidies in the created cost of planting; the insufficiency of agricultural producers' own financial resources for carrying out planned plantings renovations, updating production infrastructure funds and carrying out current production activities. Functional imbalances in the organization of reproductive processes in industrial fruit growing have been identified: internal structural imbalances, high resource intensity of production and technological processes, non-compliance with optimal comparability of production and economic indicators. Generalizing criteria for the sustainability of reproductive processes are systematized: the ability of the system to withstand negative impacts of an economic and natural nature; increasing the possibilities of expanded reproduction of all used resources; ensuring qualitative changes in the production, socio-economic, environmental parameters of the system; increasing the conditions for subsequent improvements, preventing production declines. The article characterizes and evaluates the effectiveness of existing regulators to ensure the sustainability of reproductive processes in industrial fruit growing (macroeconomic, technical, technological and economic). A system of regulators has been developed to ensure the stability of reproductive processes in industrial fruit growing in functional areas of influence. An algorithm is proposed to substantiate the necessary dimensionality of regulators to ensure the stability of reproductive processes in industrial fruit growing.

Keywords: regulators, sustainability, reproductive processes, industrial viticulture, efficiency

Необходимость развития приоритетной отрасли сельского хозяйства, которой считается промышленное плодоводство, обусловлена ее высокой социально-экономической значимостью. Как основные производственные фонды, многолетние плодовые насаждения обеспечивают создание валовой добавленной стоимости в размере более 550 тыс. руб./га плодоносящей площади, что в 14 раз превышает величину

данного макроэкономического показателя в зерновом производстве.

Воспроизводственные процессы в промышленном плодоводстве представляют собой сложную циклически организованную систему, которая включает все участвующие в процессе ресурсы с элементами агро-цепоза, оптимизацией взаимосвязей между ними и с внешней средой. [2, 8]

Один из признаков, характеризующих эффективность производства отраслевой продукции, — устойчивость воспроизводственных процессов, которая определяет сбалансированное состояние всех видов экономических ресурсов и технологических структур, а также их взаимосвязей в сложной природно-технологической системе.

Основные обобщающие критерии устойчивости: способность плодовых агроценозов к преодолению отрицательных воздействий факторов экономического и природного характера; создание условий для расширенного воспроизводства всех используемых ресурсов; обеспечение качественного изменения эколого-экономических и технологических параметров природно-технологической системы с участием плодовых культур; нивелирование предпосылок снижения производства плодовой продукции. [1, 6]

За 2018–2023 годы наблюдается снижение эффективности производства плодовой продукции в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации и устойчивости воспроизводственных процессов, обусловленное негативным воздействием химико-технологического прессинга на элементы агроценоза, различных факторов экономического, макроэкономического и рыночного характера (табл. 1).

Основные причины, негативно влияющие на развитие промышленного плодоводства и снижающие устойчивость воспроизводственных процессов: увеличение стоимости приобретаемых ресурсов других отраслей (ГСМ, средства защиты растений, удобрения и другое) более чем на 8% в год из-за инфляции, несоблюдения паритетности цен на реализуемую сельскохозяйственную и промышленную продукцию и дефицита собственных оборотных средств на их приобретение (более 40%); высокая себестоимость готовой продукции; относительное снижение субсидий на развитие плодоводства (уменьшение доли «единой субсидии» в издержках на создание многолетних насаждений более чем на 1,5 процентных пункта в год); низкая обеспеченность собственными финансовыми средствами субъектов отраслевого предпринимательства для проведения плановой закладки и обновления многолетних насаждений, технического перевооружения производственного процесса и осуществления текущей деятельности.

В результате внутренних структурных дисбалансов, высокой ресурсоемкости производственно-технологических процессов, несоблюдения оптимальных эколого-экономических и технологических параметров эффективности и устойчивости наблюдается снижение результативности производства плодовых семечковых культур в Российской Федерации до критического уровня (менее 11%) за 2022–2023 годы или на 49,5%, по сравнению с оптимальным значением рентабельности, соответствующим уровню расширенного воспроизводства (более 60%), косточковых — на 39,6%.

Функциональные дисбалансы в организации и управлении воспроизводственными процессами в отраслевых субъектах промышленного плодоводства актуализируют практические задачи по повышению устойчивости. Для обеспечения эффективного производственного процесса, доход от производства семечковых культур (яблоня) должен составлять не менее 2000 тыс. руб./га, что в 2,2 раза превышает данный показатель в 2023 году, себестоимость продукции не должна быть более 35 руб./кг (меньше на 20%), что обуславливает необходимость совершенствования существующей системы регуляторов достижения необходимого уровня устойчивости воспроизводственных процессов в плодовых агроценозах. Их необходимо разрабатывать по функциональным областям с учетом принципов: рациональность технологических пропорций в организации и использование различных видов экономических ресурсов, участвующих в производстве; достаточность субсидиарных форм и мер государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей с соблюдением паритетности интересов обеих сторон. [3, 9]

Система регуляторов обеспечения устойчивости воспроизводственных процессов включает: макроэкономические — возмещение части затрат на закладку и уход за многолетними насаждениями, в том числе питомниками в рамках «единой» субсидии, установку шпалеры и противополивной сетки в садах интенсивного типа, приобретение систем капельного орошения; налоговое регулирование; технико-технологические — нормативная структуризация производства, оперативное управление; экономические — параметрическая оптимизация и нормативная регламентация

Таблица 1.

Оценка эффективности производства плодовой продукции в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации по годам

Плоды	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Средний темп роста (2018–2023), %
Себестоимость производства, руб./ц							
Семечковые	2 977,0	3 066,3	3 679,7	3 790,1	4 169,1	4 385,9	8,1
Косточковые	3 610,0	5 126,0	5 638,6	4 229,0	5 201,6	5 622,9	9,3
Цена реализации, руб./ц							
Семечковые	3 797,0	3 565,8	4 964,7	4 713,0	5 069,2	4 847,9	5,0
Косточковые	4 097,1	6 148,1	6 721,0	5 309,8	6 313,5	6 772,2	10,6
Рентабельность производства, %							
Семечковые	27,5	16,3	34,9	24,4	21,6	10,5	x
Косточковые	13,5	19,9	19,2	25,6	21,4	20,4	x

показателей; рыночные — ценообразование на плодovou продукцию с правом отечественного товаропроизводителя на первоочередную реализацию.

Комплексная оценка эффективности регуляторов обеспечения устойчивости воспроизводственных процессов предусматривает их объединение в обобщающий показатель с учетом частных коэффициентов корреляции (табл. 2).

Интегральный показатель эффективности регуляторов обеспечения устойчивости воспроизводственных процессов отрасли в промышленном плодоводстве имеет отрицательную динамику и в 2021 году — 0,82 (средний уровень). [4, 5, 7]

Таким образом, действующие регуляторы в существующей размерности не обеспечивают устойчивость субъектов отраслевого предпринимательства, о чем свидетельствуют функциональные диспропорции и дисбалансы в организации воспроизводственных процессов, что обуславливает необходимость их совершенствования (рис. 1).

Основные критерии обоснования рациональной размерности регуляторов устойчивости воспроизводственных процессов: уменьшение дефицита собственных оборотных средств на закладку многолетних насаждений, работы до вступления в плодоношение и текущей производственной деятельности в среднем до 30%, увеличение результативности (рентабельность — не менее 60%) (рис. 2).

Для снижения дефицита финансовых ресурсов на формирование плодовых агроценозов и обеспечения эколого-экономической устойчивости необходимо применение макроэкономических регуляторов (увеличение «единой субсидии» на закладку и работы до вступления в плодоношение — не менее 60% создаваемой стоимости насаждений, введение регулятора в форме субсидии на 1 кг произведенной и реализованной продукции не менее 7 руб./кг) и технико-технологических (эколого-экономическое нормирование, конструктивно-регламентные решения, учитывающие комплекс лимитирующих факторов, соблюдение оптимальной атрибутивной пропорциональности в структуре землепользований и насаждений).

В условиях усиления химико-техногенного прессинга на агроценозы приоритетная роль отводится ресурсосбережению на всех стадиях технологического процесса новыми методами и способами: биоинформатика, биотехнология, нано- и клеточные технологии, системы искусственного интеллекта. К экономическим регуляторам относятся параметрическая оптимизация и нормативная регламентация показателей организуемых воспроизводственных процессов, основанная на цифровых моделях, которые позволяют выработать рациональные регламенты технологических процессов и операций по критериям экологизации, биологизации и экономической целесообразности, а также обеспечить достоверность принимаемых управленческих решений.

Таблица 2.

Оценка эффективности регуляторов обеспечения устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве Российской Федерации по годам

Показатель	2019	2020	2021	2022	2023	Темп роста, 2023 к 2019, %
Макроэкономические регуляторы						
Уровень обеспеченности продовольственной безопасности	0,360	0,379	0,393	0,424	0,44	122,2
Процент выполнения индикаторов государственной программы	1,438	1,523	1,627	1,421	1,062	73,9
ВДС на один рубль субсидий	7,590	8,094	6,955	8,096	12,704	167,4
Размер прибыли на рубль бюджетных субсидий	4,564	5,272	3,918	4,870	5,602	122,8
Коэффициент окупаемости фактических затрат с учетом субсидий на основное производство	1,654	1,714	1,521	1,572	1,310	79,2
Коэффициент налоговой отдачи субсидий	0,637	0,468	0,536	0,628	0,820	128,8
Интегральный показатель	1,200	1,195	1,154	1,237	1,221	101,8
Экономические						
Издержки на производство продукции в сопоставлении с доходом от реализации	0,744	0,610	0,707	0,678	0,792	106,3
Норма маржинального дохода	0,466	0,319	0,419	0,387	0,532	114,2
Коэффициент оборачиваемости оборотных средств	3,0	3,4	3,6	4,1	3,9	130,0
Интегральный показатель ресурсоотдачи	1,820	2,223	1,918	1,998	1,712	94,0
Рентабельность производства и продукции	0,343	0,640	0,415	0,474	0,263	76,7
Интегральный показатель	0,931	0,990	0,973	1,003	0,951	102,2
Технолого-экономические						
Коэффициент превышения порога безубыточности	2,145	3,135	2,384	2,582	1,878	87,6
Норма пропорциональности	0,047	0,047	0,052	0,050	0,043	90,7
Норма накопления на воспроизводство плодовых насаждений	0,132	0,129	0,13	0,128	0,124	93,9
Соотношение стоимости основных фондов производственной инфраструктуры и плодовых насаждений	2,12	2,16	2,22	2,85	3,18	150,0
Интегральный показатель	0,490	0,528	0,513	0,542	0,501	102,3
Обобщающий показатель	0,804	0,833	0,809	0,855	0,820	102,0

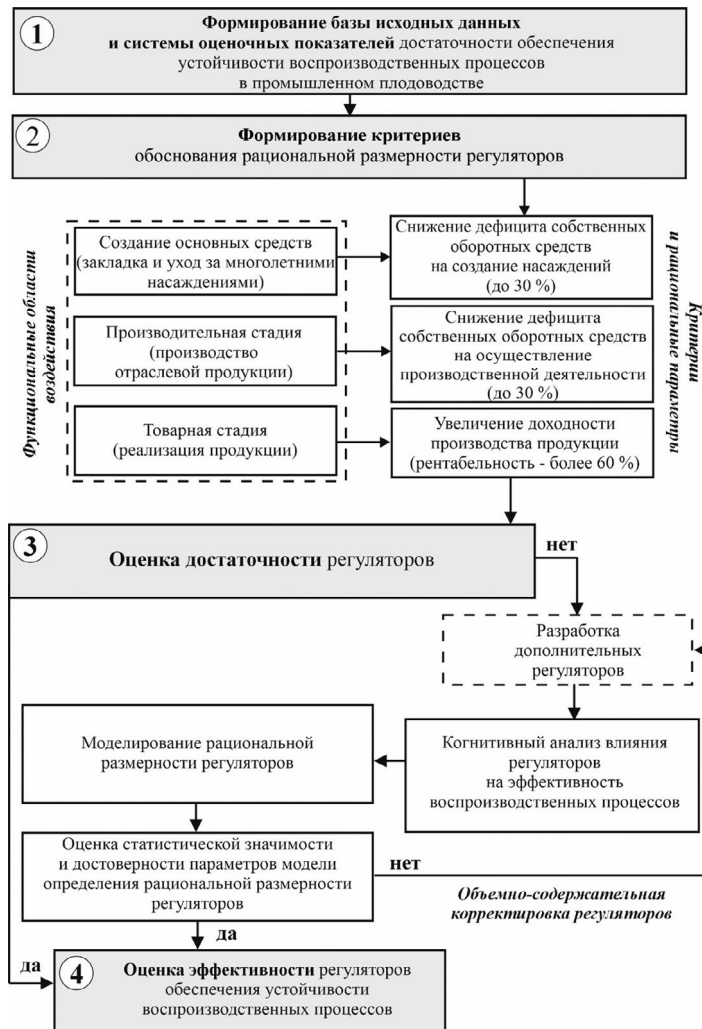


Рис. 1. Алгоритм обоснования необходимой размерности регуляторов обеспечения устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве.

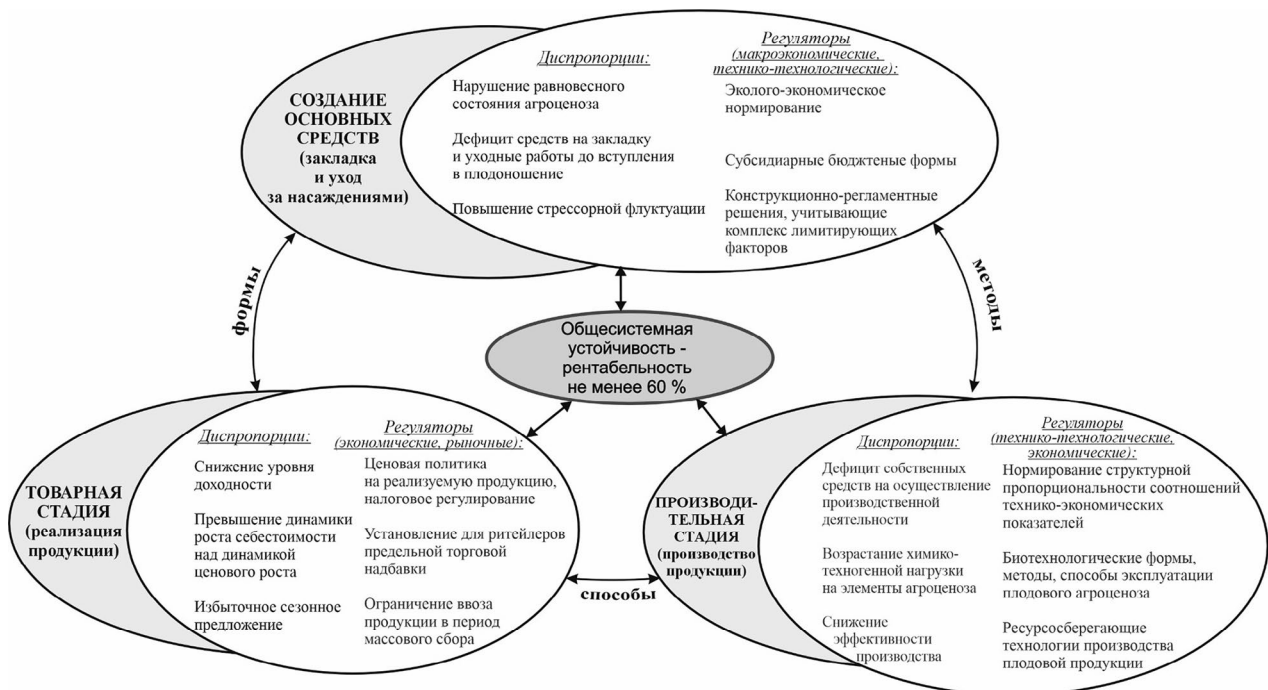


Рис. 2. Система регуляторов обеспечения устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве.

Обеспечение устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве на товарной стадии необходимо осуществлять экономическими и рыночными регуляторами (ограничение ввоза импортной продукции в периоды массового сбора и реализации плодовой продукции отечественного производства для снижения избыточного сезонного предложения; совершенствование системы ценообразования на реализуемую продукцию). За последние годы превышение розничных цен над средними оптовыми закупочными отечественных сельхозтоваропроизводителей на плодовую продукцию (яблоки) составляет более чем 200%, что негативно сказывается на уровне эффективности и конкурентоспособности субъектов отраслевого предпринимательства.

Применение предлагаемой системы регуляторов позволит нивелировать функциональные диспропорции в организации воспроизводственных процессов посредством приведения показателей эффективности и устойчивости в промышленном плодоводстве к оптимальным значениям, достичь сбалансированного состояния агроценозов с участием плодовых культур в условиях повышения химико-техногенной нагрузки на элементы системы, что актуально при формировании достаточных по объему собственных финансовых ресурсов для осуществления расширенного воспроизводства и конкурентоспособности плодовой продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Голубева А.И., Коновалов А.В., Павлов К.В. Результативность факторов экономической устойчивости субъектов аграрной сферы и сельских территорий региона // Экономика, предпринимательство и право. 2020. № 1. С. 109–124. <https://doi.org/10.18334/epp.10.1.41553>
2. Егоров Е.А., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А. Методические подходы к биологизации интенсификационных процессов (на примере промышленного плодоводства) // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 71 (5). С. 1–22. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-5-71-1-22>
3. Косенко Т.Г. Основные направления повышения интенсивности сельскохозяйственного производства на уровне сельскохозяйственной организации // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 10 (124). URL: <https://research-journal.org/archive/10-124-2022-october/10.23670/IRJ.2022.124.54> (дата обращения: 12.02.2024). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.54>
4. Макаров В.Л., Бахтин А.Р., Логинов Е.Л. Применение экономико-математических методов и моделей оптимального планирования в цифровой экономике будущего. М.: ЦЭМИ РАН, 2022. 248 с. ISBN: 978-5-6046414-5-3.
5. Рахимова Е.А. Развитие отечественного садоводства на основе цифровизации // АПК: экономика, управление. 2023. № 11. С. 23–32. <https://doi.org/10.33305/2311-23>
6. Фисенко Н.А. Проблема устойчивости агропродовольственных систем в современном дискурсе // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2022. № 2. С. 19–25. EDN: CQUJDG.
7. Худов А.М., Синельников И.Ю. Цифровизация АПК с точки зрения процессного подхода к управлению // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2022. № 4. С. 38–43. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2022-0-4-38-43>

8. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A. Increasing the technological and economic efficiency of nursery production based on processes biologization // International Scientific Online-Conference «Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and Reproduction of Perennial Crops» 2020, Krasnodar, Russia, 06–08 октября 2020 года / Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture. Vol. 25. Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2020, 01001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202501001>
9. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N. et al. Green Logistics: Element of the Sustainable Development Concept // Nase More. 2017. № 64. PP. 14–18.

REFERENCES

1. Golubeva A.I., Kononov A.V., Pavlov K.V. Rezul'tativnost' faktorov ekonomicheskoy ustojchivosti sub'ektov agrarnoj sfery i sel'skih territorij regiona // Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. 2020. № 1. S. 109–124. <https://doi.org/10.18334/epp.10.1.41553>
2. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Metodicheskie podhody k biologizacii intensivizacionnyh processov (na primere promyshlennogo plodovodstva) // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2021. № 71 (5). S. 1–22. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2021-5-71-1-22>
3. Kosenko T.G. Osnovnye napravleniya povysheniya intensivnosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva na urovne sel'skohozyajstvennoj organizacii // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2022. № 10 (124). URL: <https://research-journal.org/archive/10-124-2022-october/10.23670/IRJ.2022.124.54> (data obrashcheniya: 12.02.2024). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.54>
4. Makarov V.L., Bahtizin A.R., Loginov E.L. Primenenie ekonomiko-matematicheskikh metodov i modelej optimal'nogo planirovaniya v cifrovoj ekonomike budushchego. M.: CEMI RAN, 2022. 248 s. ISBN: 978-5-6046414-5-3.
5. Rahimova E.A. Razvitie otechestvennogo sadovodstva na osnove cifrovizacii // APK: ekonomika, pravlenie. 2023. № 11. S. 23–32. <https://doi.org/10.33305/2311-23>
6. Fisenko N.A. Problema ustojchivosti agroprodovol'stvennyh sistem v sovremennom diskurse // Regional'nye agrosistemy: ekonomika i sociologiya. 2022. № 2. S. 19–25. EDN: CQUJDG.
7. Hudov A.M., Sinel'nikov I.Yu. Cifrovizaciya APK s tochki zreniya processnogo podhoda k upravleniyu // Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. 2022. № 4. S. 38–43. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2022-0-4-38-43>
8. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A. Increasing the technological and economic efficiency of nursery production based on processes biologization // International Scientific Online-Conference «Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and Reproduction of Perennial Crops» 2020, Krasnodar, Russia, 06–08 октября 2020 года / Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture. Vol. 25. Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2020, 01001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202501001>
9. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N. et al. Green Logistics: Element of the Sustainable Development Concept // Nase More. 2017. № 64. PP. 14–18.

Поступила в редакцию 13.03.2024
Принята к публикации 27.03.2024

ВЛИЯНИЕ НОВОЙ САПОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ*

Марина Ивановна Сложенкина, *член-корреспондент РАН, профессор*
Наталья Васильевна Калинина, *кандидат биологических наук*
Сергей Владиславович Абрамов, *кандидат ветеринарных наук*
Андрей Владимирович Балышев, *кандидат биологических наук*
Евгения Александровна Струк, *кандидат биологических наук*
Иван Федорович Горлов, *академик РАН, профессор*

ФГБНУ Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции,
г. Волгоград, Россия
E-mail: niimmp@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по введению сапонитсодержащей минеральной кормовой добавки природного происхождения в рацион цыплят-бройлеров кросса ROSS – 308 в количестве 1, 3 и 5 кг/т корма. Было установлено увеличение среднесуточного прироста на 3,7, 4,3 и 4,4 г, абсолютного – 154,7, 174,9 и 181,3 г соответственно в период с суточного до 42-дневного возраста. На момент забоя живая масса цыплят 1 и 2 опытных групп достоверно превосходила контроль на 174,6 (6,3%, $P \leq 0,001$) и 154,6 г (5,6%, $P \leq 0,001$). Сохранность цыплят опытных групп была на 6,7% выше. В крови цыплят 1–3 опытных групп, по сравнению с контролем, зафиксировано увеличение общего белка на 1,5, 2,2 и 2,1 г/л, кальция – 0,28, 0,21 и 0,29 ммоль/л, фосфора – 0,3, 0,43 и 0,42 ммоль/л. Сделан вывод о повышении хозяйственно-биологических показателей цыплят-бройлеров при добавлении в рацион сапонитсодержащей кормовой добавки за счет обогащения комбикорма минеральными веществами и высокой сорбционной емкости добавки, при этом наилучший эффект был достигнут при включении ее в корм в количестве 3 кг/т.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, рационы, сапонитсодержащая минеральная кормовая добавка, продуктивность, живая масса, сохранность, морфологический состав крови, биохимический состав крови, сорбционная емкость

INFLUENCE OF A NEW SAPONITE-CONTAINING FEED ADDITIVE ON THE PRODUCTIVE QUALITIES OF BROILER CHICKENS

M.I. Slozhenkina, *Corresponding Member of the RAS, Professor*
N.V. Kalinina, *PhD in Biological Sciences*
S.V. Abramov, *PhD in Veterinary Sciences*
A.V. Balyshev, *PhD in Biological Sciences*
E.A. Struk, *PhD in Biological Sciences*
I.F. Gorlov, *Academician of the RAS, Professor*

Federal State Budgetary Scientific Institution Volga Region Research Institute
of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia
E-mail: niimmp@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the study on the introduction of a saponite-containing mineral feed additive of natural origin into the diet of ROSS-308 broiler chickens in the amount of 1, 3 and 5 kg per ton of feed. An increase in the average daily gain by 3.7; 4.3 and 4.4 g, respectively, and in the absolute gain by 154.7; 174.9 and 181.3 g in the period from 1 to 42 days of age was found. At the time of slaughter, the live weight of chickens in the 1st and 2nd experimental groups significantly exceeded the control: by 174.6 (6.3%; $P \leq 0.001$) and 154.6 g (5.6%; $P \leq 0.001$). The survival rate of the experimental group chickens was 6.7% higher. In the blood of chickens from experimental groups 1–3, compared with the control analogs, an increase in total protein by 1.5; 2.2 and 2.1 g/l, calcium by 0.28; 0.21 and 0.29 mmol/l, phosphorus by 0.3; 0.43 and 0.42 mmol/l was recorded. A conclusion was made about an increase in the economic and biological indicators of broiler chickens when adding a saponite-containing mineral supplement to the diet, due to the enrichment of the compound feed with minerals and the high sorption capacity of the above-mentioned supplement, while the best effect was achieved when including it in the feed in the amount of 3 kg per ton.

Keywords: broiler chickens, diets, saponite-containing mineral feed additive, productivity, live weight, survival, morphological composition of blood, biochemical composition of blood, sorption capacity

Птицеводство — ведущая отрасль агропромышленного комплекса, развитие которой определяет удовлетворение потребностей населения в продуктах питания и устойчивость аграрного сектора экономики Российской Федерации. Продуктивность сельскохозяйственной птицы и качество ремонтного молодняка зависят от условий кормления и содержания на 70...80%, генетического потенциала — 20...30%. Один из путей повышения продуктивности и резистентности организма птицы — включение в рацион биологически активных веществ, в том

числе минеральных, нехватка которых негативно сказывается на оперении, костяке, суставах, качестве скорлупы яйца, воспроизводительной системе, резистентности организма. Многочисленными исследованиями установлена значительная роль минеральных добавок в обменных процессах организма и укреплении его естественного иммунитета. [1, 2, 4–6, 9, 12, 15]

Для компенсации недостатка минеральных веществ в рационе птицы используют различные источники макро- и микроэлементов: минеральные добавки про-

* Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки России, тема № FNMF-2022-0003 (№ гос. регистрации 1021051101432-7) / The research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, topic No. FNMF-2022-0003 (state registration no. 1021051101432-7).

мышленного производства и естественные природные источники; побочные отходы промышленности. В связи с ростом цен на корма и кормовые добавки, применение естественных природных источников питательных веществ и минералов в кормлении птицы становится все более актуальным. [7] Особое внимание следует уделять балансированию рационов птицы с высоким генетическим потенциалом, наиболее требовательной к ингредиентному составу и подверженной действию многочисленных стресс-факторов. Наиболее частая причина снижения продуктивности и иммунитета организма — неполноценное кормление, в том числе частичная минеральная недостаточность, характеризующаяся отсутствием ярко выраженной симптоматики. По данным исследований и практических наблюдений в промышленном птицеводстве, нехватка витаминов, минеральных веществ, наличие в кормах микотоксинов и иные кормовые факторы — предпосылки возникновения болезней, в первую очередь, опорно-двигательного аппарата птицы. [3–5, 8, 11, 14]

Широкое распространение среди источников минеральных элементов получили сорбенты природного происхождения: цеолиты, вермикулиты, бентониты, лигнин, трепелы, диатомиты. [2, 4] Один из них — сапонит (перспективная природная минеральная добавка, представляющая собой глинистую породу, содержащую высокомагниевого минералы из группы сложных силикатов, по химической характеристике близкую к бентонитам). В него входит свыше 35 элементов и их оксидов. Химический состав сапонита: $\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Это минерал из подкласса слоистых силикатов, группы монтмориллонита, в виде изоморфной примеси содержит Fe, иногда Cr, а также Ni, Zn, Cu, Li. Кристаллическая решетка обеспечивает его сорбционные свойства, поглощая токсины, яды, шлаки, радиоактивные элементы, ионы тяжелых металлов и другие вредные вещества. Сапонит способен связывать микотоксины, которые накапливаются в кормах при нарушении технологии их производства или хранения.

Цель работы — определить сорбционную емкость сапонита, и с ее учетом, влияние данной минеральной кормовой добавки на продуктивность, физиологические и гематологические показатели цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование провели на цыплятах-бройлерах кросса ROSS — 308 с суточного по 42-дневный возраст в виварии ГНУ НИИММП по влиянию сапонитсодержащей добавки на их продуктивность, физиологические и гематологические показатели.

Условия содержания, кормления для цыплят каждой группы были одинаковыми, за исключением ввода кормовой добавки в рационы 1...3 опытных групп в количестве соответственно 1, 3 и 5 кг/т корма. Выращивание цыплят-бройлеров отвечало требованиям технологии. Количество комбикорма, задаваемого птице ежедневно, соответствовало возрасту.

Биохимические показатели крови определяли по методикам АО «Диакон-ДС» с использованием соответствующего набора биохимических реагентов на автоматических биохимических анализаторах URIT-800Vet, URIT-3020, сертифицированном оборудовании в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП (Волгоград, Россия). Результаты исследований статистически обрабатывали по методике Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установили сорбционную емкость сапонита в отношении четырех основных микотоксинов (табл. 1).

Наивысшие показатели выявлены по афлатоксину В1 и зеараленону — 93 и 92% соответственно, по плесневому грибу рода фузариум — 48 и дезоксиниваленолу — 18%, часто встречающимся в многокомпонентных кормосмесях для птицы. Это подтверждает высокие поглощающие и сорбционные качества сапонита.

По итогам исследования на 21 и 42 сут. живая масса цыплят в опытных группах была достоверно выше, чем в контрольной. На 21 сут. разница между 1 опытной и контрольной группами составила 35,6 г (3,83%), 2 и контрольной — 39,2 г (4,22%), $P \leq 0,05$. На момент забоя живая масса цыплят 1...3 опытных групп существенно превосходила контроль: соответственно на 174,6 (6,3%), 154,6 (5,6) и 181,3 г (6,6%), $P \leq 0,001$. Сохранность цыплят в опытных группах была на 6,7% выше, чем в контрольной, что повышает рентабельность производства. Общее состояние цыплят было удовлетворительным, побочных реакций и осложнений, связанных с применением кормовой добавки в опытных группах, не было. Новая минеральная добавка отличалась хорошей усвояемостью, положительно влияла на продуктивные качества и иммунитет цыплят (табл. 2).

Данные таблицы 3 подтверждают превосходство по живой массе на достоверную величину ($P \leq 0,001$) цыплят опытных групп, по сравнению с аналогами контроля. Преимущество по среднесуточному приросту составило 3,7, 4,3 и 4,4 г, абсолютному — 154,7, 174,9 и 181,3 г соответственно. Природная минеральная сапонитсодержащая добавка благоприятно повлияла на обмен веществ, скорость роста и мясную продуктивность цыплят.

У цыплят опытных групп отмечали тенденцию к увеличению концентрации форменных элементов крови, преимущественно из-за гемоглобина и эритроцитов (табл. 4). В крови цыплят контрольной группы их уровень почти не изменился, опытных — гемоглобин вырос на 1,5, 2,0 и 2,1 г/л, эритроциты — 0,08, 0,11 и $0,12 \times 10^{12}/\text{л}$, гематокрит — 0,14, 0,38 и 0,31% соответственно (контроль — 0,05%). В отношении остальных элементов колебания были незначительные. Минеральная добавка благотворно повлияла на рост количества оксигенирующих элементов крови, что положительно отразилось на интенсивности обменных процессов организма и мясной продуктивности птицы.

Наиболее важный биохимический параметр — содержание общего белка. Он характеризует интенсивность роста мышечной ткани, определяет скорость окислительно-восстановительных процессов и энергию организма. От уровня белкового обмена зависит состояние углеводного и липидного. [10] В крови цыплят опытных групп на 42 день исследования отмечали увеличение общего белка на 1,5, 2,2 и 2,1 г/л, кальция — 0,28, 0,21 и 0,29 ммоль/л, фосфора — 0,3, 0,43 и 0,42 ммоль/л (табл. 5). Концентрация общего белка в крови бройлеров контрольной группы за период исследования возросла всего на 0,1 г/л.

Метаболизм кальция и фосфора тесно взаимосвязан, недостаток одного из них влияет на продуктивность в целом. Дефицит данных макроэлементов препятствует достижению предельной продуктивности в период пикового роста. [14] По полученным данным,

Таблица 1.
Сорбционная емкость сапонита по микотоксинам, %

Показатель	Результат
Сорбционная емкость	
по Т-2 токсину	48
афлатоксину В1	93
дезоксиниваленолу	18
зеараленону	92

Таблица 2.
Средняя живая масса и сохранность цыплят-бройлеров, n = 100

Живая масса, г	Группа		
	контрольная	1	2
в начале опыта	58,1 ± 2,27	58,0 ± 1,51	57,8 ± 1,54
21 сут.	929,5 ± 13,46	965,1 ± 9,52*	968,7 ± 7,62*
42 сут.	2756,2 ± 20,43	2910,8 ± 19,20***	2930,8 ± 22,39***
Сохранность, %	93,3	100	100

Примечание. Разность по отношению к контрольной группе достоверна при: * — $P \leq 0,05$; ** — $P \leq 0,01$; *** — $P \leq 0,001$. То же в табл. 3.

Таблица 3.
Среднесуточный и абсолютный приросты массы цыплят-бройлеров, n = 100

Показатель	Группа		
	контрольная	1	2
Среднесуточный прирост, г	64,2 ± 0,56	67,9 ± 0,41***	68,5 ± 0,61***
Абсолютный прирост, г	2698,1 ± 21,26	2852,8 ± 20,2***	2873,0 ± 22,38***

Таблица 4.
Гематологические показатели цыплят-бройлеров, n = 10

Показатель	Группа		
	контрольная	1	2
Начало опыта			
Гематокрит (HCT), %	40,85 ± 0,55	40,87 ± 0,22	40,64 ± 0,51
Гемоглобин (YB), г/л	112,0 ± 2,94	112,8 ± 2,84	113,0 ± 2,86
Эритроциты (RBC), $10^{12}/л$	3,47 ± 0,17	3,41 ± 0,16	3,47 ± 0,17
Лейкоциты (WBC), $10^9/л$	34,29 ± 1,06	34,63 ± 0,92	34,29 ± 0,89
Тромбоциты (PLT), $10^9/л$	63,4 ± 1,66	63,9 ± 1,37	63,5 ± 1,82
Псевдоэозинофилы, %	26,4 ± 1,55	26,1 ± 0,86	26,4 ± 0,77
Эозинофилы (EOS), %	6,9 ± 0,41	7,0 ± 0,34	6,8 ± 0,30
Базофилы (BAS), %	1,6 ± 0,50	1,5 ± 0,38	1,6 ± 0,50
Моноциты (MON), %	7,8 ± 1,30	7,6 ± 1,08	7,3 ± 1,26
Лимфоциты (LYM), %	57,3 ± 2,34	57,8 ± 1,3	57,9 ± 0,79
42 сут.			
Гематокрит (HCT), %	40,9 ± 0,39	41,01 ± 0,43	41,02 ± 0,39
Гемоглобин (YB), г/л	112,2 ± 2,38	114,3 ± 2,92	115,1 ± 2,71
Эритроциты (RBC), $10^{12}/л$	3,44 ± 0,17	3,52 ± 0,16	3,55 ± 0,17
Лейкоциты (WBC), $10^9/л$	35,64 ± 0,67	35,53 ± 0,97	35,84 ± 0,52
Тромбоциты (PLT), $10^9/л$	64,3 ± 2,68	64,6 ± 2,68	65,1 ± 2,37
Псевдоэозинофилы, %	26,6 ± 1,48	26,4 ± 1,18	26,5 ± 0,84
Эозинофилы (EOS), %	7,1 ± 0,63	6,9 ± 0,53	7,0 ± 0,83
Базофилы (BAS), %	1,7 ± 0,35	1,6 ± 0,37	1,6 ± 0,5
Моноциты (MON), %	8,1 ± 0,79	8,2 ± 1,11	7,8 ± 1,00
Лимфоциты (LYM), %	56,5 ± 1,69	56,9 ± 1,53	57,1 ± 0,98

за период опыта уровни кальция и фосфора уменьшились в крови цыплят контрольной группы соответственно на 0,03 и 0,02 ммоль/л, что отразилось на их продуктивных качествах. У бройлеров опытных групп на 42 день опыта возросла концентрация кальция на 0,28, 0,21 и 0,29 ммоль/л, фосфора — 0,3, 0,43 и 0,42 ммоль/л, что свидетельствует о поступлении в достаточном количестве данных микроэлементов в организм птицы и увеличении их продуктивности на фоне показателей аналогов контроля.

Установлена тенденция к росту количества триглицеридов и глюкозы на 42 сут. в крови бройлеров всех групп. Содержание глюкозы влияет на интенсивность окислительно-восстановительных процессов. Уровень триглицеридов положительно коррелирует с содержанием жира в организме. [16] Развитие жировой ткани в мышцах цыплят по группам происходило равномерно. Колебания концентрации остальных биохимических показателей были в пределах нормы. Однако преимущество цыплят опытных групп по количеству в их крови общего белка, кальция и фосфора определило их продуктивность, физиологическое состояние и положительно отразилось на резистентности организма.

По итогам исследования живая масса цыплят опытных групп была достоверно выше. За 42 дня выращивания она превосходила аналогов контроля по среднесуточному приросту на 3,7, 4,3 и 4,4 г, абсолютному приросту — 154,7, 174,9 и 181,3 г соответственно, $P \leq 0,001$. На момент забоя живая масса цыплят опытных групп превосходила контроль на 174,6 (6,3%), 154,6 (5,6) и 181,3 г (6,6%) соответственно, $P \leq 0,001$. Сохранность цыплят опытных групп была на 6,7% лучше, чем контрольной. В экспериментальных группах птицы также отмечена положительная динамика изменения общего клинического и биохимического составов крови (рост содержания гемоглобина, эритроцитов, общего белка, кальция, фосфора). В крови цыплят 1...3 опытных групп зафиксировано увеличение общего белка на 1,5, 2,2 и 2,1 г/л, кальция — 0,28, 0,21 и 0,29 ммоль/л, фосфора — 0,3, 0,43 и 0,42 ммоль/л, у птицы контрольной группы в конце опытного периода уровень

Таблица 5.
Биохимический анализ крови цыплят, n = 10

Показатель	Группа		
	контрольная	1	2
Начало опыта			
Общий белок, г/л	39,0 ± 2,38	38,6 ± 3,73	37,8 ± 3,40
Триглицериды, ммоль/л	0,76 ± 0,09	0,8 ± 0,10	0,78 ± 0,10
Амилаза, ед/л	549,9 ± 16,91	550,1 ± 14,69	555,6 ± 17,82
Кальций, ммоль/л	3,68 ± 0,28	3,77 ± 0,38	3,74 ± 0,19
Натрий, ммоль/л	125,02 ± 2,35	125,15 ± 1,91	124,99 ± 2,46
Фосфор, ммоль/л	0,83 ± 0,08	0,88 ± 0,16	0,83 ± 0,08
Глюкоза, ммоль/л	4,8 ± 0,43	4,75 ± 0,44	4,74 ± 0,40
42 сут.			
Общий белок, г/л	39,1 ± 1,83	40,1 ± 2,87	40,0 ± 2,59
Триглицериды, ммоль/л	0,82 ± 0,12	0,82 ± 0,09	0,84 ± 0,10
Амилаза, ед/л	539,3 ± 15,29	534,3 ± 17,46	532,6 ± 16,26
Кальций, ммоль/л	3,65 ± 0,23	4,05 ± 0,26	3,95 ± 0,23
Натрий, ммоль/л	126,18 ± 1,94	126,87 ± 1,73	126,39 ± 1,94
Фосфор, ммоль/л	0,81 ± 0,09	1,18 ± 0,16	1,26 ± 0,13
Глюкоза, ммоль/л	4,96 ± 0,54	4,80 ± 0,44	5,10 ± 0,31

кальция и фосфора уменьшился на 0,02 и 0,03 ммоль/л, что негативно сказалось на их продуктивности. Следовательно, природная минеральная сапонитосодержащая добавка с высокой сорбционной емкостью и способностью поглощать бактериальные клетки, микотоксины, канцерогенные компоненты, благоприятно повлияла на обмен веществ, скорость роста, мясную продуктивность и иммунитет птицы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Аржанкова Ю.В., Лисица П.В., Васина А.Ю., Кириллова Е.В. Перспективы использования сапропеля в птицеводстве // Известия Великолукской ГСХА. 2019. № 1. С. 7–12.
- Береговая Н.Г., Никулин В.Н., Герасименко В.В. и др. Синтетический цеолит NaX как кормовая добавка для цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2019. № 2. С. 136–150.
- Ветвицкая А. Микотоксины — опасность для промышленного птицеводства // Эффективное животноводство. 2020. № 7 (164).
- Головня Е. Комплексный сорбент для улучшения здоровья и продуктивности птицы. // Корма и ветеринария. 2021. № 10. С. 64–67.
- Горлов И.Ф., Калинина Н.В., Рудковская А.В. и др. Влияние фосфатидов и бишофита на зоотехнические показатели, гематологический и иммунный статус кур-несушек кросса Хайсекс Браун // Птицеводство. 2023. № 6. С. 19–26.
- Егоров И.А., Ленкова Т.Н., Манукян В.А. Руководство по использованию нетрадиционных кормов в рационах птицы // Сергиев Посад: ВНИТИП, 2021. 79 с.
- Кухлевская Ю. Рынок комбикормов для птицеводства в России: тенденции и прогнозы // Эффективное животноводство. 2024. № 2 (192).
- Лютых О. Микотоксины в птицеводстве — угроза здоровью человека // Эффективное животноводство. 2020. № 2 (159).
- Манукян В.А., Байковская Е.Ю., Демина Л.А. Сапропелевая кормовая добавка для цыплят-бройлеров // Птицеводство № 2, 2022. С. 16–19. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-2-16-19>
- Матвеев О.А., Торшков А.А. Морфобиохимический профиль крови цыплят-бройлеров кросса Ross-308 в постинкубационный период онтогенеза // Известия Оренбургский ГАУ. 2018. № 6 (74).
- Минченко В.Н., Донских П.П., Штомпель А.Е., Бас Е.С. Морфология и химический состав бедренной кости цыплят-бройлеров в постинкубационный период и при введении в рацион БАВ // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5 (69). С. 24–32.
- Панкратьева К.А., Зубкова О.С. Комплексная переработка сапонитовых руд ломоносовского месторождения алмазов. // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXXV. 2021. № 8. С. 129–131.
- Рязанцева К.В., Сизова Е.А. Кальций и фосфор в организме цыплят-бройлеров на фоне высокоэнергетических рационов // Пермский аграрный вестник. 2022. № 2 (38).
- Симонова Е.И., Кондрашкина К.М., Рысцова Е.О., Большакова М.В. Распространение основных микотоксинов в кормовом сырье и их характеристика // Бюллетень науки и практики. 2020. № 1.
- Тюрина Л.Е., Табаков Н.А., Лефлер Т.Ф. Эффективность использования минеральных смесей на основе местных нетрадиционных сырьевых источников в кормлении цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2020. № 10. С. 46–49.
- Griffin H.D., Whitehead C.C., Broadbent L.A. Relationship between plasma triglyceride concentration and body fat content in male and female broilers — a basis for selection? Br Poult Sci. 1982 Январь; 23(1):15–23. PMID: 7074382. <https://doi.org/10.1080/00071688208447925>

REFERENCES

- Arzhankova Yu.V., Lisica P.V., Vasina A.Yu., Kirillova E.V. Perspektivy ispol'zovaniya sapropelya v pticevodstve // Izvestiya Velikolukskoj GSKHA. 2019. № 1. S. 7–12.
- Beregovaya N.G., Nikulin V.N., Gerasimenko V.V. i dr. Sinteticheskij ceolit NaX kak kormovaya dobavka dlya cyplyat-brojlerov // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2019. № 2. S. 136–150.
- Vetvickaya A. Mikotoksiny — opasnost' dlya promyshlennogo pticevodstva // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2020. № 7 (164).
- Golovnya E. Kompleksnyj sorbent dlya uluchsheniya zdorov'ya i produktivnosti pticy. // Korma i veterinariya. 2021. № 10. S. 64–67.
- Gorlov I.F., Kalinina N.V., Rudkovskaya A.V. i dr. Vliyanie fosfatidov i bishofita na zootekhnicheskie pokazateli, gematologicheskij i immunnyj status kur-nesushek krossa Hajseks Braun // Pticevodstvo. 2023. № 6. S. 19–26.
- Egorov I.A., Lenkova T.N., Manukyan V.A. Rukovodstvo po ispol'zovaniyu netradicionnyh kormov v racionah pticy // Serгиеv Posad: VNITIP, 2021. 79 s.
- Kuhlevskaya Yu. Rynok kombikormov dlya pticevodstva v Rossii: tendencii i prognozy // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2024. № 2 (192).
- Lyutyh O. Mikotoksiny v pticevodstve — ugroza zdorov'yu cheloveka // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2020. № 2 (159).
- Manukyan V.A., Bajkovskaya E.Yu., Demina L.A. Sapropel-evaya kormovaya dobavka dlya cyplyat-brojlerov // Pticevodstvo № 2, 2022. S. 16–19. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-2-16-19>
- Matveev O.A., Torshkov A.A. Morfobiohimicheskij profil' krovi cyplyat-brojlerov krossa Ross-308 v postinkubacionnyj period ontogeneza // Izvestiya Orenburgskij GAU. 2018. № 6 (74).
- Minchenko V.N., Donskih P.P., Shtompel' A.E., Bas E.S. Morfologiya i himicheskij sostav bedrennoj kosti cyplyat-brojlerov v postinkubacionnyj period i pri vvedenii v racion BAV // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoj sel'skhozaystvennoj akademii. 2018. № 5 (69). S. 24–32.
- Pankrat'eva K.A., Zubkova O.S. Kompleksnaya pererabotka saponitovyh rud lomonosovskogo mestorozhdeniyaalmazov. // Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii. T. XXXV. 2021. № 8. S. 129–131.
- Ryazanceva K.V., Sizova E.A. Kal'cij i fosfor v organizme cyplyat-brojlerov na fone vysokoenergeticheskikh racionov // Permskij agrarnyj vestnik. 2022. № 2 (38).
- Simonova E.I., Kondrashkina K.M., Ryscova E.O., Bol'shakova M.V. Rasprostranenie osnovnyh mikotoksinov v kormovom syr'e i ih harakteristika // Byulleten' nauki i praktiki. 2020. № 1.
- Tyurina L.E., Tabakov N.A., Lefler T.F. Effektivnost' ispol'zovaniya mineral'nyh smesey na osnove mestnyh netradicionnyh syr'evykh istochnikov v kormlenii cyplyat-brojlerov // Pticevodstvo. 2020. № 10. S. 46–49.
- Griffin H.D., Whitehead C.C., Broadbent L.A. Relationship between plasma triglyceride concentration and body fat content in male and female broilers — a basis for selection? Br Poult Sci. 1982 Yanvar'; 23 (1):15–23. PMID: 7074382. <https://doi.org/10.1080/00071688208447925>

Поступила в редакцию 22.07.2024

Принята к публикации 05.08.2024

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ ПЛЕМЕННОГО СКОТА ПОРОДЫ ГЕРЕФОРД В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Мария Андреевна Барсукова, кандидат биологических наук
Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия
E-mail: mariabar23@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен результат анализа состояния племенного поголовья крупного рогатого скота породы герефорд в Новосибирской области (2021–2023 годы). Эта порода мясного скота — одна из наиболее распространенных в России и мире. Благодаря продуктивным качествам, способности адаптироваться к разным природно-климатическим условиям и пастбищному содержанию ее используют для получения качественного и экологически чистого мяса. Были проанализированы зоотехнические отчеты о бонитировке из племенных хозяйств Новосибирской области, проведено сравнение показателей продуктивности и использования животных, включая рост и развитие молодняка, воспроизводительные качества и долголетие коров племенных стад. Установлено, что несмотря на сокращение числа племенного поголовья скота породы герефорд в Новосибирской области, улучшаются как отдельные признаки продуктивности коров и молодняка, так и классный состав стад. Но имеющегося поголовья недостаточно для обеспечения потребности хозяйств в племенных животных, адаптированных к условиям климата Западной Сибири и круглогодичного содержания на открытом воздухе. Наиболее адекватно отвечают требованиям рынка животные, производимые в ООО «Сибирская нива», однако их численность мала для образования маточных стад товарных хозяйств в объемах, необходимых для наполнения рынка говядины и формирования дочерних племенных стад в регионе.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, Новосибирская область, герефорд, племенные ресурсы, мясная продуктивность

DYNAMICS OF THE NUMBER AND PRODUCTIVITY OF *HEREFORD* BREEDING CATTLE IN THE NOVOSIBIRSK REGION

M.A. Barsukova, PhD in Biological Sciences
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
Email: mariabar23@yandex.ru

Abstract. The article presents an analysis of the state of the breeding stock of Hereford cattle in the Novosibirsk region in dynamics for 2021–2023. The Hereford breed is one of the most common breeds of beef cattle in Russia and in the world, and its productive qualities and the ability to adapt to different climatic conditions and pasture content allows it to be successfully used to produce high-quality and environmentally friendly meat. The results of zootechnical reports on bonification from breeding farms of the Novosibirsk region were analyzed, a comparison of indicators of productivity and use of herd animals, including own productivity, growth and development of young animals, reproductive qualities and longevity of cows of breeding herds, was carried out. It was found that despite the reduction in the number of breeding farms and breeding stock of Hereford cattle in the Novosibirsk region, is an improvement in both individual signs of productivity of cows and young animals, as well as in the overall class composition of the herd. Nevertheless, the available livestock seems to be insufficient in terms of meeting the needs of farms for breeding animals adapted to the climate conditions of Western Siberia and year-round outdoor maintenance. Currently, the animals produced at Sibirskaya Niva LLC most adequately meet the requirements of the market, but their number is extremely insufficient both for the formation of breeding herds of commodity farms in volumes corresponding to those necessary to fill the beef market, and for the formation of daughter breeding herds in the region.

Keywords: cattle, Novosibirsk region, Hereford, breeding resources, meat productivity

Порода герефорд — одна из наиболее широко распространенных пород скота мясного направления продуктивности в Российской Федерации, уступает по численности только калмыцкой и абердин-ангусской породам. [7] Приспособленность скота породы герефорд к разным природно-климатическим условиям и пастбищному содержанию позволяет использовать его для получения говядины высокого качества. [14, 18, 19] Биологические особенности породы и высокая устойчивость к неблагоприятным условиям среды — одна из причин ее популярности в регионах с экстремальным климатом, включая южные области Западной Сибири. [9, 17]

Активное развитие мясного скотоводства в Российской Федерации требует увеличения племенных ресурсов как источника поголовья для товарного производства говядины. [6] Формирование племенных стад должно основываться не только на уровне продуктивности животных, но и учитывать их адаптивные качества. [2, 4, 8] Также необходимо обеспечивать ге-

нетическое и фенотипическое разнообразие в стадах с помощью внедрения новых или модификации старых методик селекции в условиях широкого распространения искусственного осеменения. [11, 15] Ограничение на покупку семени лучших производителей за рубежом требует совершенствования племенных стад в нашей стране с учетом региональных особенностей. [1, 16, 17]

В Новосибирской области хорошо развита племенная работа с молочным скотом, но товарное мясное скотоводство требует дополнительного внимания. [3, 12] Недостаточная племенная база в сочетании с непониманием роли работы селекционера приводит к вырождению стад, исчезновение которых в дальнейшем сложно восполнить, поэтому актуален мониторинг и оценка перспектив их дальнейшего развития в сложившейся экономической ситуации.

Цель работы — изучить состояние племенной базы скота породы герефорд в хозяйствах Новосибирской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование поголовья и продуктивности племенного скота породы *геррефорд*, разводимого в хозяйствах Новосибирской области, проводили на основании анализа зоотехнических отчетов о его бонитировке за 2021–2023 годы. Анализировали численность, возраст, молочность, результаты выращивания племенного молодняка и показатели воспроизводства коров племенных стад.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Новосибирской области в 2021 году было зарегистрировано пять племенных репродукторов по породе *геррефорд* с общим количеством КРС – 3973 гол., в том числе коров – 2002 гол. (6,1% общего племенного поголовья РФ и 15,7% Сибирского федерального округа). В течение периода исследования ОАО «Северо-Кулундинское» и ООО «Чернаково» потеряли статус племенных хозяйств.

В 2023 году общее поголовье племенного скота породы *геррефорд* составило 3117 гол., что на 21% меньше, чем в 2021 году. Но в ООО «Альянс» в 2023 году общее поголовье увеличилось на 28%, коров – 71%, в ООО «Сибирская нива», несмотря на некоторые коле-

бания общей численности племенных животных, количество коров не сократилось (табл. 1).

Возраст коров в стаде – показатель продуктивного долголетия и благополучия животных, а также селекционной работы, требующей ежегодного обновления поголовья. В 2021 году на долю коров старше шести лет приходилось 56% всего поголовья коров, при этом наиболее старое стадо было в ООО «Северо-Кулундинское» (81%). Наиболее равномерное распределение коров по возрасту отмечено в ООО «Сибирская нива», с соотношением 32-33-35% от младшего к старшему, что говорит о планомерной работе по ремонту и совершенствованию стада. В 2022 году наблюдали сильное старение стада в ОАО «Вознесенское», на долю молодых коров приходилось 73 гол. (15%), но в 2023 году было введено около 100 первотелок (табл. 2).

Молочность коров мясного направления продуктивности характеризует способность к выращиванию потомства и его качество, что актуально в условиях летнего пастбищного содержания (табл. 3).

В хозяйствах Новосибирской области молочность коров в возрасте 205 дн. соответствовала требованиям класса Элита для породы *геррефорд*, в ООО «Вознесенское» средняя масса телят у коров разных отелов составила 220...233 кг в 2021 году, но в последующие годы масса телят сократилась до 210...221 (2022) и 206 кг

Поголовье скота породы *геррефорд* в хозяйствах Новосибирской области по годам, гол.

Таблица 1.

Хозяйство	Статус предприятия	2021		2022		2023	
		общее	коров	общее	коров	общее	коров
ООО «Альянс»	Племрепродуктор	780	300	993	405	1003	515
ООО «Сибирская нива»		889	560	1184	573	1017	573
ОАО «Вознесенское»		1029	442	990	474	1097	519
ООО «Чернаково»		321	200	378	220	–	–
ОАО «Северо-Кулундинское»		954	500	–	–	–	–
Итого		3973	2002	3545	1672	3117	1607

Возраст коров породы *геррефорд* по годам, гол.

Таблица 2.

Хозяйство	2021			2022			2023		
	два-три года	четыре-пять лет	шесть лет и старше	два-три года	четыре-пять лет	шесть лет и старше	два-три года	четыре-пять лет	шесть лет и старше
ООО «Альянс»	88	170	42	123	90	191	98	206	211
ООО «Сибирская нива»	168	169	185	156	179	238	243	122	208
ОАО «Вознесенское»	3	97	342	45	28	401	139	6	374
ООО «Чернаково»	41	5	154	38	39	143	–	–	–
ОАО «Северо-Кулундинское»	54	41	405	–	–	–	–	–	–
Итого	354	482	1128	362	336	973	480	334	793

Молочность коров породы *геррефорд* в 205 дн. по годам, кг

Таблица 3.

Хозяйство	2021			2022			2023		
	Отел								
	первый	второй	более трех	первый	второй	более трех	первый	второй	более трех
ООО «Альянс»	210	211	213	215	210	210	215	216	213
ООО «Сибирская нива»	235	232	234	252	262	262	250	251	256
ОАО «Вознесенское»	233	222	221	213	210	210	206	211	209
ООО «Чернаково»	–	222	245	211	210	220	–	–	–
ОАО «Северо-Кулундинское»	217	219	217	–	–	–	–	–	–

Таблица 4.

Живая масса племенных коров породы герефорд по годам, кг

Хозяйство	2021			2022			2023		
	три года	четыре года	пять лет и старше	три года	четыре года	пять лет и старше	три года	четыре года	пять лет и старше
ООО «Альянс»	464	513	565	483	522	569	508	536	586
ООО «Сибирская нива»	560	577	598	585	588	608	581	587	610
ОАО «Вознесенское»	457	515	563	—	510	552	478	506	554
ООО «Чернаково»	480	502	596	500	507	569	—	—	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	460	509	569	—	—	—	—	—	—

у коров первого отела (2023), что соответствует требованиям первого класса. В ООО «Сибирская нива» набор, масса телят с 235 кг увеличилась до 250 кг у коров первого отела и с 234 до 256 кг — третьего и старше, что превышает минимальные требования для класса Элита-рекорд на 15 и 20 кг соответственно. Снижение массы телят в 2023 году в ООО «Вознесенское», расположенного в степной зоне, может быть следствием влияния экстремально жаркого лета и засухи.

Увеличение живой массы коров — признак работы в хозяйствах по совершенствованию стад. В ООО «Альянс» масса коров в возрасте трех лет выросла с 464 (2021 год) до 508 кг (2023), аналогичную динамику наблюдали и в более старшем возрасте (табл. 4).

Масса телок при первом осеменении у мясного и молочного скота — признак способности организма к воспроизводству и связана с возрастом животных. [13] Наибольшая масса при осеменении в 2021 году была отмечена в ОАО «Северо-Кулундинское» — 395 кг при возрасте осеменения 18 мес. (табл. 5).

Масса телок в ОАО «Вознесенское» и ООО «Сибирская нива» была ниже (346 и 345 кг) при возрасте осеменения 14...15 мес. В 2023 году в ООО «Сибирская нива» показатель составил 441 кг (15,5 мес). Укрупнение ремонтного молодняка — закономерное следствие увеличения массы телят. Величина межотельного периода для мясного скота особенно важна в условиях сезонности отелов и пастбищного содержания коров с телятами. Единственное предпринятие, на котором величина межотельного периода (358...361 дн.) близка к продолжительности года, — ООО «Сибирская нива». В ООО «Альянс» межотельный период в 2021 году составил 465 дн., 2022 — 420, 2023 — 513 дн. (табл. 6). Это указывает на проблемы с организацией воспроизводства и увеличивает срок непродуктивного содержания коров.

Критерий успешности воспроизводства в стаде — выход телят на 100 коров (табл. 7).

Минимальное требование для племенных хозяйств, независимо от направления продуктивности, — 80 телят на 100 коров. Наилучшие результаты по этому показателю были в 2021 году и колебались от 107 гол. в ООО «Сибирская нива» до 85 в ОАО «Вознесенское». К 2023 году величина признака снизилась до 83...87 гол. в ООО «Альянс» и ООО «Сибирская нива» соответственно.

Максимальная живая масса бычков в возрасте 205 дн. была в ООО «Сибирская нива» — 225...252 кг, однако хозяйство не занимается их выращиванием и откормом, поэтому данные по динамике роста отсутствуют. Из оставшихся предприятий максимальная масса бычков к возрасту 18 мес. была в ОАО «Возне-

Таблица 5.

Живая масса телок при первом осеменении по годам, кг

Хозяйство	2021	2022	2023
ООО «Альянс»	388	365	372
ООО «Сибирская нива»	345	423	441
ОАО «Вознесенское»	346	337	334
ООО «Чернаково»	372	365	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	395	—	—

Таблица 6.

Величина межотельного периода коров племенных стад по годам, дн.

Хозяйство	2021		2022		2023	
	по стаду	племенное ядро	по стаду	племенное ядро	по стаду	племенное ядро
ООО «Альянс»	465	455	420	403	513	483
ООО «Сибирская нива»	361	351	365	372	358	346
ОАО «Вознесенское»	411	411	401	402	406	417
ООО «Чернаково»	387	378	415	383	—	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	401	403	—	—	—	—

Таблица 7.

Выход телят в племенных хозяйствах Новосибирской области по годам, гол.

Хозяйство	2021		2022		2023	
	всего голов	на 100 коров	всего голов	на 100 коров	всего голов	на 100 коров
ООО «Альянс»	211	95	241	80	336	83
ООО «Сибирская нива»	488	107	493	95	497	87
ОАО «Вознесенское»	383	85	377	83	404	85
ООО «Чернаково»	166	92	156	87	—	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	450	90	—	—	—	—

сенское» — 491 кг в 2021 году, 475 — 2022 и 479 — 2023 (табл. 8).

Аналогичная картина отмечается относительно высоты в крестце у выращиваемых бычков. Наиболее высокорослыми в 2021 году были бычки в ООО «Чернаково» в возрасте 18 мес. — 129 см (табл. 9).

К 2023 году наиболее высокими оказались бычки ООО «Вознесенское» — 125 см, но животных нельзя отнести к высокорослому типу. [5]

В 2021 году максимальная живая масса телок в возрасте 205 дн. отмечена в ООО «Сибирская нива» (229 кг), минимальная — ОАО «Северо-Кулундинское» (197 кг). В 18 мес. — наиболее крупные ремонтные животные были также в ООО «Сибирская нива» с массой 460 кг. В последующие годы тенденция сохранялась без резких колебаний массы молодняка, что подтверждает статичность условий при выращивании ремонтных телок (табл. 10).

Таблица 8.
Живая масса бычков в племенных хозяйствах Новосибирской области по годам, кг

Хозяйство	2021			2022			2023		
	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.
ООО «Альянс»	213	324	443	211	331	466	215	346	459
ООО «Сибирская нива»	234	—	—	261	—	—	252	—	—
ОАО «Вознесенское»	225	341	491	212	341	475	210	342	479
ООО «Чернаково»	221	355	480	219	357	—	—	—	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	206	347	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 9.
Высота в крестце бычков племенных хозяйств Новосибирской области, см

Хозяйство	2021			2022			2023		
	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.
ООО «Альянс»	111	117	124	108	120	126	108	115	123
ООО «Сибирская нива»	110	—	—	110	—	—	107	—	—
ОАО «Вознесенское»	109	114	125	109	115	123	109	114	125
ООО «Чернаково»	107	120	129	108	123	—	—	—	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	109	117	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 10.
Живая масса телок породы герефорд в племенных хозяйствах Новосибирской области по годам, кг

Хозяйство	2021			2022			2023		
	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.
ООО «Альянс»	204	290	367	209	299	385	211	315	395
ООО «Сибирская нива»	229	350	460	246	357	466	251	322	460
ОАО «Вознесенское»	223	298	380	196	313	371	203	295	372
ООО «Чернаково»	218	309	391	215	310	—	—	—	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	197	308	395	—	—	—	—	—	—

Таблица 11.
Высота в крестце телок племенных хозяйств Новосибирской области, см

Хозяйство	Годы								
	2021			2022			2023		
	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.	205 дн.	12 мес.	18 мес.
ООО «Альянс»	108	117	123	103	115	123	103	111	118
ООО «Сибирская нива»	108	119	126	112	123	126	106	117	130
ОАО «Вознесенское»	103	112	122	104	110	117	104	109	119
ООО «Чернаково»	104	115	121	105	117	—	—	—	—
ОАО «Северо-Кулундинское»	103	115	123	—	—	—	—	—	—

Наиболее высокорослыми оказались телки в ООО «Сибирская нива», в 2023 году их высота в крестце к 18 мес. составила 130 см, что выше показателей в других хозяйствах (табл. 11).

Выводы. Таким образом, несмотря на сокращение числа племенных хозяйств и поголовья скота породы герефорд в Новосибирской области, отмечается улучшение как отдельных признаков продуктивности коров и молодняка, так и классного состава стад. Но имеющегося поголовья недостаточно для обеспечения потребности хозяйств в племенных животных, адаптированных к условиям климата Западной Сибири и круглогодичного содержания на открытом воздухе. Развитие товарного скотоводства напрямую зависит от обеспеченности региона материалом для формирования родительских товарных стад. Завоз племенного материала сопряжен с трудностями перемещения поголовья, ветеринарной безопасностью, высокой ценой животных и проблемами с акклиматизацией, поэтому наличие собственных конкурентоспособных племенных резервов особенно важно. Наиболее адекватно отвечают требованиям рынка животные, производимые в ООО «Сибирская нива», но их численности не хватает для формирования маточных стад товарных хозяйств в объемах, соответствующих необходимым для наполнения рынка говядины. Требуется увеличение числа хозяйств и повышение генетического разнообразия скота для расширения племенной базы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Барсукова М.А., Иванова О.А., Афанасьева И.А. и др. Развитие и продуктивность коров породы герефорд по итогам бонитировок // Инновации и продовольственная безопасность, 2024. № 4 (42). С. 34–41.
<https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-42-4-34-41>
- Барсукова М.А., Кузьмичев А.А. Выращивание молодняка мясного скота с использованием скрещивания в условиях Северного Казахстана // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник VII национальной (всероссийской) науч. конф. с Междунар. участием, Новосибирск, 26 февраля 2024 года. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2024. С. 344–348.
- Богданова О.В., Камалдинов Е.В., Куликова С.Г. и др. Научно-теоретическое обоснование системы совершенствования селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве Новосибирской области // Вестник НГАУ. 2023. № 2 (67). С. 148–155.
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-148-155>
- Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Анисимова Е.Ю. и др. Повышение продуктивного потенциала породных ресурсов крупного и мелкого рогатого скота Юга России на основе современных методов селекции // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 3. С. 76–82.
<https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/3/76-82>
- Джуламанов К.М., Герасимов Н.П. Формирование мясной продуктивности герефордских бычков разных типов телосложения во взаимосвязи с факторами внешней среды // Животноводство и кормопроизводство. 2020. № 2. С. 57–67.
- Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мешеров Р.К. и др. Племенные ресурсы мясного скотоводства Российской Федерации: реалии и перспективы // Совершенствование региональных породных ресурсов мясного скота и повышение их генетического потенциала в целях наращивания производства высококачественной отечественной говядины:

- Мат. Межд. науч. конф., Элиста, 14 декабря 2020 года. Элиста: Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, 2020. С. 17–25.
7. Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 год) / Лесные Поляны: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», 2023. 217 с.
 8. Жучаев К.В., Борисенко Е.А., Барсукова М.А. Влияние процессов адаптации на генетический гомеостаз продуктивной популяции // Вестник НГАУ. 2010. № 4 (16). С. 28–31.
 9. Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Петухов В.Л. и др. Влияние породной принадлежности на концентрацию цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота // Зоотехния. 2024. № 3. С. 38–40.
<https://doi.org/10.25708/ZT.2024.95.77.011>
 10. Нарожных К.Н. Влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 83–90.
<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-10>
 11. Петров Е.Б., Владимиров Ф.Е., Базаев С.О. Изучение показателей реализации генетического потенциала мясного скота для цифровизации оценки племенных качеств животных // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 93–97.
<https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/93-97>
 12. Трухачев В.И., Юлдашбаев Ю.А., Свиначев И.Ю. и др. Современное состояние и перспективы развития животноводства России и стран СНГ, М.: ООО «Мегаполис», 2022. 337 с.
 13. Haadem C.S., Holmøy I.H., Nødtvedt A., Martin A.D. Time of insemination in relation to pregnancy rates in beef cattle after oestrus detection with automated activity monitoring system // *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2023. Vol. 65. 20.
<https://doi.org/10.1186/S13028-023-00685-Y>
 14. McIntosh M.M., Spiegel Sh.A., McIntosh S.Z. et al. Matching beef cattle breeds to the environment for desired outcomes in a changing climate: A systematic review // *Journal of Arid Environments*. 2023. Vol. 211. 104905.
<https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2022.104905>
 15. Menchon P., Manning J.K., Swain D.L., Cosby A. Exploration of Extension Research to Promote Genetic Improvement in Cattle Production: Systematic Review // *Animals*. 2024. 14 (2). 231. <https://doi.org/10.3390/ANI14020231>
 16. Narozhnykh K.N., Kamaldinov E.V., Bogdanova O.V. et al. Prediction of Milk Productivity Based on Conformation Traits in // *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 2023. Vol. 24. No. 6. P. 521–529.
 17. Nirozhnykh K.N., Konovalov T.V., Sebezko O.I. Copper concentrations in the lungs of hereford steer on farms in Western Siberia // *Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World Community*, Stavropol, 27–30 сентября 2021 года. Vol. 2661. Stavropol: AIP PUBLISHING, 2022. P. 100002. <https://doi.org/10.1063/5.0107631>
 18. Tittone P., Hara S., Álvarez V. et al. Ecosystem services and disservices associated with pastoral systems from Patagonia, Argentina – A review // *Cahiers Agricultures*, 2021. Vol. 30. № 43.
<https://doi.org/10.1051/CAGRI/2021029>
 19. Zhang R., Pavan E., Farouk M.M., Realini C.E. Re-veal the beef industry: strategies to produce high-quality beef from young cattle in pastoral systems // *Meat and Muscle Biology*, 2024. 8 (1): 16989. P. 1–26.
<https://doi.org/10.22175/MMB.16989>
- ## REFERENCES
1. Barsukova M.A., Ivanova O.A., Afanas'eva I.A. i dr. Razvitiye i produktivnost' korov porody gereford po itogam bonitirovok // *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2024. № 4 (42). S. 34–41. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-42-4-34-41>
 2. Barsukova M.A., Kuz'michev A.A. Vyrashchivaniye molodnyaka myasnogo skota s ispol'zovaniem skreshchivaniya v usloviyakh Severnogo Kazahstana // *Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki: Sbornik VII nacional'noy (vsereossijskoy) nauch. konf. s Mezhdunar. uchastiem, Novosibirsk, 26 fevralya 2024 goda. Novosibirsk: IC NGAU "Zolotoy kolos", 2024. S. 344–348.*
 3. Bogdanova O.V., Kamaldinov E.V., Kulikova S.G. i dr. Nauchno-teoreticheskoe obosnovanie sistemy sovershenstvovaniya selekcionno-plemennoy raboty v molochnom skotovodstve Novosibirskoy oblasti // *Vestnik NGAU*. 2023. № 2 (67). S. 148–155. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-148-155>
 4. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Anisimova E.Yu. i dr. Povysheniye produktivnogo potentsiala porodnykh resursov krupnogo i melkogo rogatogo skota Yuga Rossii na osnove sovremennykh metodov selekcii // *Vestnik rossijskoy sel'skohozyajstvennoy nauki*. 2023. № 3. S. 76–82.
<https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/3/76-82>
 5. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P. Formirovaniye myasnoy produktivnosti gerefordskih bychkov raznykh tipov teloslozheniya vo vzaimosvyazi s faktorami vneshney sredy // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2020. № 2. S. 57–67.
 6. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshcherov R.K. i dr. Plemennye resursy myasnogo skotovodstva Rossijskoy Federacii: realii i perspektivy // *Sovershenstvovaniye regional'nykh porodnykh resursov myasnogo skota i povysheniye ih geneticheskogo potentsiala v celyakh narashchivaniya proizvodstva vysokokachestvennoy otechestvennoy govyadiny: Mat. Mezhd. nauch. konf., Elista, 14 dekabrya 2020 goda. Elista: Kalmyckiy gosudarstvennyy universitet imeni B.B. Gorodovikova, 2020. S. 17–25.*
 7. Ezhegodnik po plemennoy rabote v myasnom skotovodstve v hozyajstvakh Rossijskoy Federacii (2022 god) / *Lesnye Polyany: FGBNU "Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut plemennogo dela"*, 2023. 217 s.
 8. Zhuchaev K.V., Borisenko E.A., Barsukova M.A. Vliyaniye processov adaptatsii na geneticheskij gomeostaz produktivnoy populyacii // *Vestnik NGAU*. 2010. № 4 (16). S. 28–31.
 9. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Petuhov V.L. i dr. Vliyaniye porodnoy prinaladzhnosti na koncentraciyu cinka v myshechnoy tkani krupnogo rogatogo skota // *Zootekhnika*. 2024. № 3. S. 38–40. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.95.77.011>
 10. Narozhnykh K.N. Vliyaniye ekologo-geograficheskogo faktora na sodержaniye tyazhelykh metallov v legkih gerefordskogo skota // *Sibirskiy vestnik sel'skohozyajstvennoy nauki*. 2021. T. 51. № 5. S. 83–90. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-10>
 11. Petrov E.B., Vladimirov F.E., Bazaev S.O. Izucheniye pokazatelej realizacii geneticheskogo potentsiala myasnogo skota dlya cifrovizatsii ocenki plemennykh kachestv zhivotnykh // *Vestnik rossijskoy sel'skohozyajstvennoy nauki*. 2023. № 5. S. 93–97.
<https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/93-97>
 12. Truhachev V.I., Yuldashbaev Yu.A., Svinarev I.Yu. i dr. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva Rossii i stran SNG, M.: ООО «Мегаполис», 2022. 337 s.
 13. Haadem C.S., Holmøy I.H., Nødtvedt A., Martin A.D. Time of insemination in relation to pregnancy rates in beef cattle after oestrus detection with automated activity monitoring system // *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2023. Vol. 65. 20.
<https://doi.org/10.1186/S13028-023-00685-Y>
 14. McIntosh M.M., Spiegel Sh.A., McIntosh S.Z. et al. Matching beef cattle breeds to the environment for desired outcomes in a

- changing climate: A systematic review // Journal of Arid Environments. 2023. Vol. 211. 104905.
https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2022.104905
15. Menchon P., Manning J.K., Swain D.L., Cosby A. Exploration of Extension Research to Promote Genetic Improvement in Cattle Production: Systematic Review// Animals. 2024. 14 (2). 231. https://doi.org/10.3390/ANI14020231
 16. Narozhnykh K.N., Kamalidinov E.V., Bogdanova O.V. et al. Prediction of Milk Productivity Based on Conformation Traits in // International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. 2023. Vol. 24. No. 6. P. 521–529.
 17. Nirozhnykh K.N., Konovalov T.V., Sebezko O.I. Copper concentrations in the lungs of hereford steer on farms in Western Si-

- beria // Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World Community, Stavropol, 27–30 сентября 2021 года. Vol. 2661. Stavropol: AIP PUBLISHING, 2022. P. 100002. https://doi.org/10.1063/5.0107631
18. Tottonell P., Hara S., Álvarez V. et al. Ecosystem services and disservices associated with pastoral systems from Patagonia, Argentina – A review // Cahiers Agricultures, 2021. Vol. 30. № 43. https://doi.org/10.1051/CAGRI/2021029
 19. Zhang R., Pavan E., Farouk M.M., Realini C.E. Re-veal the beef industry: strategies to produce high-quality beef from young cattle in pastoral systems// Meat and Muscle Biology, 2024. 8 (1): 16989. P. 1–26.
https://doi.org/10.22175/MMB.16989

Поступила в редакцию 17.04.2024
Принята к публикации 01.05.2024

УДК 636.593

DOI: 10.31857/S2500208224050173, EDN: zsbfi

СЕЛЕКЦИЯ ФЕРМЕРСКИХ ЦЕСАРОК НА СОЧЕТАЕМОСТЬ*

Владимир Александрович Забиякин^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-4246-8472

Сергей Анатольевич Замятин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179

¹Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия

²ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, Россия

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. В результате многолетнего изучения в КФХ К.А. Жданова (Воронежская обл., Рамонский р-н, д. Новоподклетное) цесарок волжской белой породы, были сохранены и оценены отцовская (ВБА-1) и материнская (ВБ-4) линии. Выход цесарят от одной несушки за 64 недели жизни составляет 74–77 голов. Расчет индексов телосложения самок и самцов линий ВБА-1, ВБ-4 и межлинейных гибридов показал превосходство последних над родительскими формами, по индексу массивности на 2,89–6,9%, высоконогости – 0,35–0,58%. Индекс широкотелости птицы линий ВБА-1 и ВБА-2 был выше, чем у гибридных цесарок на 0,2–2,22%. По развитию кия гибриды линии ВБА-1 превосходили родительские на 0,98–5,0%, что говорит об их большей компактности, массивности и обмускуленности (формирование грудных мышц в ширину). Результаты анатомической разделки тушек свидетельствуют о более высоких мясных качествах гибридной птицы, так как выход съедобных частей был больше на 0,04%.

Ключевые слова: цесарки, селекция, родительские линии, продуктивность, яйценоскость, живая масса

SELECTION OF FARM GUINEA FOWLS FOR COMPATIBILITY

V.A. Zabyakin^{1,2}, Grand PhD in Agricultural Sciences

S.A. Zamyatin¹, PhD in Agricultural Sciences

¹Mari Agricultural Research Institute – Mari Agricultural Research Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Ruem, Mari El Republic, Russia

²Mari State University, Yoshkar Ola, Russia

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. As a result of many years of work by us, in the peasant farm K.A. Zhdanov (Voronezh region, Ramonsky district, Novopodkletnoye village) on the basis of guinea fowl of the Volga white breed, the paternal (VBA-1) and maternal (VB-4) lines of guinea fowl were preserved and evaluated. The yield of guinea fowl from one hen over 64 weeks of life is 74–77 heads. Anatomical cutting of poultry and calculation of body indexes of females and males of the VBA-1 and VB-4 lines and interline hybrids showed the superiority of the latter over the parent forms, in terms of the massiveness index by 2.89–6.9%, keel development and high-legged index by 0.58–0.35%. According to the broad-body index, birds of the VBA-1 and VBA-2 lines were superior to hybrid guinea fowl by 0.2–2.22%. In terms of keel development, hybrids of the VBA-1 line exceeded the parent lines by 0.98–5.0%, which indicates their greater compactness, massiveness and muscularity (formation of the pectoral muscles in width). The results of anatomical cutting of carcasses indicate higher meat qualities of hybrid poultry, since the yield of edible parts of hybrids was 0.04% higher.

Keywords: guinea fowl, breeding, parental lines, productivity, egg production, live weight

* Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № FNWE -2022-0003) / The work was performed within the framework of the state assignment (topic No. FNWE -2022-0003).

Известно, что при разведении сельскохозяйственной птицы высокая продуктивность обычно достигается с использованием гибридной, выведенной на основе линейных кроссов. [1]

Длительное содержание цесарок *волжской белой* породы в условиях КФХ К.А. Жданова привело к ухудшению воспроизводительных качеств взрослой птицы, сбоем и увеличению срока полового созревания. Для поддержания на высоком уровне в хозяйстве яйценоскости и инкубационных показателей необходимо было проверять создаваемые экспериментальные линии фермерских цесарок на сочетаемость, с перспективой получения эффекта гетерозиса у потомков. [2]

Генетический анализ селекционируемых признаков дает возможность предположить, что у гибридной птицы может проявиться сверхдоминирование и снимется вредное действие рецессивных генов у гомозиготных особей. [3] Реципрокным эффектом принято считать разность между поколениями потомства, полученными от одних и тех же особей или популяций (линий), но при использовании каждой линии в вариантах как отцовской, так и материнской формы. [8]

В условиях фермы сложно создать специализированные сочетающиеся линии. Основные хозяйственно полезные признаки у цесарок связаны между собой. Отбор птицы только по одному признаку приводит к изменению (чаще снижению) других. Например, при отборе на повышение живой массы снижаются яйценоскость и воспроизводительность, так как количественные признаки определяются большим числом генов (полигены), действие каждого из которых в отдельности трудно определить, на ход их развития влияют взаимодействие наследственных задатков и окружающая среда. [2, 7–9]

Аддитивное действие генов характеризуется промежуточным наследованием у потомства признаков родителей (работа генов на проявление признаков суммируется), что позволяет улучшить продуктивность птицы при разведении по линиям. Хозяйственно полезные признаки передаются по типу доминирования и сверхдоминирования. В этом случае гетерозиготные генотипы фенотипически превосходят гомозиготные. Чаще всего достигнутый эффект повышения того или другого количественного признака в условиях свободного содержания в небольших хозяйствах не повторяется в последующих скрещиваниях, а выделенные сочетающиеся генотипы при разведении «в себе» не обеспечивают достигнутый родителями эффект гетерозиса. [4]

Цель работы – проверка экспериментальных линий фермерских цесарок на сочетаемость с перспективой получения эффекта гетерозиса у потомков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сотрудники Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2021–2023 годах в КФХ К.А. Жданова (Воронежская обл., Рамонский р-н, д. Новоподклетное) исследовали цесарок селекционного ядра линий ВБА-1 (*волжские белые* аутосексные) и ВБ-4 (*волжские белые*).

Выполняли селекционные мероприятия: воспроизводство стада, бонитировка птицы, комплектование селекционных гнезд, массовый, семейный и индиви-

дуальный учет продуктивности цесарок сохраняемого генофондного стада. [5, 6]

Селекцию линий цесарок осуществляли на дальнейшую их дифференциацию по продуктивным признакам. Птицу отцовской линии ВБА-1 отбирали по живой массе и обмускуленности молодняка в 12-недельном возрасте, ВБ-4 – по яйценоскости и выводимости яиц.

Главным приемом совершенствования линий цесарок была комбинированная селекция, включающая индивидуальную и семейную оценку признаков. Уровень отбора самцов по основным признакам – не менее +0,5 σ , самок – не ниже средних данных по линии.

Сохраняли опытную птицу в отдельных секциях на глубокой подстилке при естественном спаривании. При содержании цесарок в клеточной батарее воспроизводство осуществляли при помощи искусственного осеменения, соотношение самцов к самкам – 1 : 4. [10]

Линии цесарок ВБА-1 и ВБ-4 проверяли на сочетаемость по схеме, предусматривающей в качестве отцовской формы птицу, отобранную в родительское стадо по живой массе и обмускуленности в раннем возрасте, материнской – воспроизводительным показателям матери.

Цесарок для эксперимента выращивали с суточного до 20-недельного возраста в двух секциях по 160 гол. каждой линии. В возрасте 26 нед. сформировали родительское стадо для получения гибридного молодняка. Из числа лучшей птицы линии ВБА-1 было взято 40 самцов, ВБ-4 – 160 самок. Воспроизводство цесарок в секциях осуществлялось естественным путем. Гибридную птицу оценивали по оплодотворенности яиц и выводу молодняка, живой массе и сохранности за период выращивания. Потребление корма учитывали по группам. Выход съедобных частей определяли по контрольному убою пяти самцов и пяти самок из группы птиц в возрасте 12 нед.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В КФХ К.А. Жданова были сохранены и изучены отцовская (ВБА-1) и материнская (ВБ-4) линии цесарок *волжской белой* породы. Живая масса межлинейных гибридов оценена в 12-недельном возрасте, она была аналогичной показателям материнской линии, но ниже, чем отцовской на 3,1...3,7% соответственно. Разность достоверна при $P < 0,01...0,05$. Межлинейное скрещивание положительно влияло на выводимость яиц и жизнеспособность молодняка (табл. 1).

Показатели выхода съедобных частей в тушке по изучаемым группам, в процентном отношении к живой массе были близкими. При рассмотрении сочетаемости линий по основным селекционируемым признакам установлен эффект гетерозиса.

Живая масса межлинейных гибридов, оцененных в 12-нед. возрасте была выше, чем у птиц материнской линии на 50...55 г, при этом ниже отцовской на 24...69 г в зависимости от пола. Аналогичная тенденция сохранилась в показателях живой массы гибридов и в возрасте 20 нед. (20...50 и 20...90 г соответственно). Разность достоверна при $P < 0,01...0,05$. Гибридный молодняк отличался от обеих родительских форм более высокой жизнеспособностью (0,2...1,0%). Наибольшие значения индекса гетерозиса отмечены у ги-

Таблица 1.

Продуктивность специализированных линий и гибридных цесарок, 2021 год

Показатель	Линия		Гибридный молодняк	Индекс гетерозиса, %	
	ВБА-1 отцовская	ВБ-4 материнская		к отцовской	к материнской
Яйценоскость за 64 нед., шт.	134,16 ± 2,12	149,66 ± 2,11	—	—	—
Выход инкубационных яиц, %	91,6	92,4	—	—	—
Оплодотворенность яиц, %	86,5	88,3	89,5	—	—
Выводимость яиц, %	82,5	84,8	85,1	+1,6	+0,3
Вывод цесарят, %	71,4	74,8	76,1	+4,7	+1,3
Живая масса в 12 нед., г					
самцы	1154 ± 40,0	1030 ± 30,0	1085 ± 27,0	-6,0	+5,0
самки	1100 ± 40,0	1026 ± 28,9	1050 ± 26,8	-4,6	+2,9
Живая масса в 20 нед., г					
самцы	1750 ± 10,0	1680 ± 11,0	1700 ± 12,0	-3,7	+7,4
самки	1680 ± 12,0	1570 ± 10,0	1660 ± 11,0	-1,2	+5,6
Сохранность за 12 нед., %	96,4	95,8	97,6	+1,2	+1,8
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, кг	2,74	2,85	2,75	-0,4	+3,5

бридного молодняка в возрасте 12 нед. (+0,41...-0,5). Это согласуется с данными о том, что интенсивный прирост живой массы у цесарок происходит до 10...12-нед. возраста. Затем он осуществляется в большей степени из-за увеличения внутренних органов, а рост мышц замедляется.

У цесарок живая масса межлинейного потомства обычно занимает промежуточное положение между скрещиваемыми отцовской и материнской формами.

Можно предположить, что живая масса гибридного потомства повышается при увеличении показателя не только отцовской, но и материнской линии. В то же время селекция материнской линии на повышение живой массы молодняка может привести к снижению воспроизводительных качеств в целом.

Полученные гибриды по одному или нескольким показателям не всегда были лучшими при комплексной оценке по выходу мяса от родительской пары. У птиц отцовской линии наибольшая живая масса потомства, а самки материнской линии имели высокий выход суточных цесарят. Однако при ротации производителей оценка в указанных секциях изменилась. Ни один из них не сохранил занимаемой в примере позиции. Высокий ранг оценки производителей по качеству гибридного молодняка носит случайный характер и не может быть основанием для отбора. В ходе исследований мы выявили и другие закономерности, характерные для скрещиваемых линий. При рассмотрении их сочетаемости по инкубационным данным, живой массе и сохранности молодняка, установлено, что большинство этих показателей у межлинейных гибридов не совпадало с полученными при внутрилинейном разведении.

Несовпадение оценок связано с тем, что при скрещивании и разведении по линиям цесари спаривались с различными самками. В результате живая масса межлинейного потомства обычно занимала промежуточное положение между скрещиваемыми отцовскими и материнской формами.

Повышение живой массы гибридного потомства возможно при увеличении живой массы птиц не только отцовской, но и материнской линии. Однако селекция материнской линии в этом направлении приведет к снижению воспроизводительных качеств в целом.

При рассмотрении сочетаемости линий по воспроизводительным признакам установлено, что многие из

них у межлинейных гибридов не совпадали с полученными при внутрилинейном разведении (табл. 2).

Сопоставление показателей птицы материнской и отцовской родительских форм ВБА-1 с показателями птицы исходных линий ВБА-4 и их гибридами в равноценных условиях свидетельствуют о том, что линии хорошо сочетаются между собой. Практически по всем изученным показателям гибриды превосходили птицу исходных линий. Инкубационные данные линейной птицы превосходили аналогичные показатели гибридной на 3,2...9,1% ($P < 0,05$). Однако между группами птицы не было обнаружено статистически достоверной разницы по выводимости яиц и молодняка ($P > 0,05$).

После воспроизводства стада цесарок рассчитали выход цесарят на одну несушку за 64 нед. жизни. При этом учитывали яйценоскость, выход инкубационных яиц, оплодотворенность яиц, их выводимость, вывод молодняка (табл. 3).

Выход цесарят составил 74...77 гол., это говорит о том, что в линиях птицы обеспечен достаточный отбор по воспроизводительным признакам. Потомство лучших производителей было оставлено для дальнейшего размножения. Исходя из полученных результатов, отцовская и материнская родительские формы цесарок ВБА-1 и ВБ-4 могут быть рекомендованы для высокопродуктивных помесей и увеличения товарного производства в фермерском хозяйстве.

Таблица 2.

Воспроизводительные показатели опытных групп птицы, 2022 год

Показатель	ВБА-1	ВБ-4	Гибриды
Масса яйца, г			
начало цикла	45,28 ± 0,35	46,1 ± 1,30	46,4 ± 1,34
середина	47,50 ± 0,52	47,5 ± 1,41	48,6 ± 1,41
конец	47,21 ± 1,14	47,1 ± 1,26	47,7 ± 1,39
Выход инкубационных яиц, %	91,6	90,9	92,3
Оплодотворенность яиц, %	91,41 ± 0,70 Cv = 10,55	91,2 ± 0,70 Cv = 10,55	94,9 ± 0,70 Cv = 10,55
Выводимость яиц, %	87,85 ± 0,90 Cv = 14,10	75,87 ± 0,87 Cv = 15,03	74,92 ± 1,01 Cv = 14,96
Вывод цесарят, %	80,35 ± 1,05 Cv = 17,96	69,2 ± 0,70 Cv = 14,10	71,1 ± 0,70 Cv = 14,10

Таблица 3.
Расчет выхода цесарят на одну несушку, 2023 год

Показатель	Линия		Гибрид
	ВБА-1	ВБ-4	
Яйценоскость за 64 нед. жизни, 7 мес. кладки, шт.	128	131	127
Выход инкубационных яиц, %	92,8	91,7	91,9
Число инкубационных яиц, шт.	119	120	117
Оплодотворенность яиц, %	89,5	88,5	87,2
Число оплодотворенных яиц, шт.	106	106	102
Вывод цесарят, %	70,0	72,4	72,8
Число цесарят которых можно получить от одной несушки за 64 нед. жизни, гол.	74	77	74

Мы провели анатомическую разделку птицы и расчет индексов телосложения самок и самцов линий ВБА-1 и ВБ-4 и межлинейных гибридов. Эксперимент осуществили методом случайных блоков с рандомизацией особей в пределах блока (табл. 4).

Гибриды превосходят родительские формы по индексу массивности на 2,89...6,9%, высоконогости — 0,35...0,58%, что говорит о более высоких мясных качествах. Результаты анатомической разделки опытных групп цесарок представлены в таблицах 5–7.

Масса непотрошенной (на 41,5...150,09 г) и потрошенной (39,8...144,4 г) тушек гибридов была выше ($P < 0,05$) массы тушек родителей. По обмускуленности гибриды так же достоверно ($P < 0,05$) превосходили родительские формы, по массе грудных мышц на 10,9...42,1 г, бедренных — 3,15...23,5, голени — 3,6...14,1 г.

Таблица 4.
Расчет индексов телосложения специализированных линий и гибридных цесарок, 2023 год

Индекс	ВБА-1	ВБ-4	Гибрид	P
Массивности (живая масса/длина туловища)	74,61 ± 3,0	70,6 ± 2,02	77,5 ± 3,50	1-2/3 < 0,05
Широкотелости (ширина таза×100/длина туловища)	54,32 ± 2,2	54,12 ± 2,31	52,1 ± 1,35	
Развития кия (длина кия ×100/длина туловища)	181,02 ± 4,51	177,0 ± 4,11	182,0 ± 8,40	1,3/2 < 0,05
Эйрисомии (обхват груди× 100/длина туловища)	35,52 ± 0,74	33,03 ± 1,16	33,0 ± 0,60	
Высоконогости (длина плюсны *100/общая длина ноги)	4,42 ± 0,10	4,65 ± 0,10	5,0 ± 0,04	1-2/3 < 0,05

Таблица 5.
Показатели анатомической разделки цесарок отцовской линии ВБА-1

Показатель	Самцы		Самки	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Масса, г				
полупотрошенной тушки	1020,5 ± 15,6	4,84	1018,5 ± 17,9	5,14
потрошенной тушки	855,0 ± 14,0	5,17	835,7 ± 16,9	6,38
грудных мышц	205,4 ± 4,5	6,96	201,4 ± 6,3	9,82
ножных,	211,0 ± 2,6	8,02	206,7 ± 6,7	9,91
в том числе				
бедренных	134,7 ± 3,3	7,83	130,0 ± 5,5	8,89
голени	76,3 ± 2,0	8,39	76,7 ± 1,9	7,75
прочих	139,1 ± 5,8	13,00	137,6 ± 7,6	17,49
всего	555,5 ± 10,9	6,25	545,6 ± 12,7	7,28
внутренних органов	70,1 ± 2,1	3,58	69,2 ± 2,2	4,55
кожи с подкожным жиром	111,9 ± 3,6	8,92	108,5 ± 3,2	7,39
съедобных частей	737,5 ± 14,9	6,56	723,3 ± 16,2	7,10
костей	187,5 ± 4,3	7,47	181,6 ± 3,9	6,84
Выход в % к живой массе:				
потрошенной тушки	69,32 ± 0,24	1,11	69,41 ± 0,38	1,72
грудных мышц	16,65 ± 0,29	5,44	16,73 ± 0,26	4,94
ножных	17,11 ± 0,24	4,36	17,17 ± 0,36	6,44
в том числе:				
бедренных	10,92 ± 0,20	5,90	10,80 ± 0,34	9,51
голени	6,19 ± 0,13	6,75	6,37 ± 0,13	5,77
прочих	11,28 ± 0,29	9,70	11,43 ± 0,62	17,11
всего	45,04 ± 0,39	2,75	45,33 ± 1,10	7,61
внутренних органов	5,68 ± 0,09	3,41	5,75 ± 0,10	3,28
кожи с подкожным жиром	9,07 ± 0,11	4,36	9,01 ± 0,12	4,13
съедобных частей	59,79 ± 0,63	3,41	60,08 ± 0,70	3,73
костей	15,20 ± 0,18	6,16	15,08 ± 0,17	5,81

Таблица 6.
Показатели анатомической разделки цесарок материнской линии ВБА-4

Показатель	Самцы		Самки	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Масса, г				
полупотрошенной тушки	907,2 ± 12,4	3,94	901,6 ± 13,7	4,73
потрошенной тушки	758,2 ± 10,8	5,63	750,4 ± 12,4	6,02
грудных мышц	176,2 ± 3,8	7,04	170,2 ± 5,3	9,14
ножных	181,8 ± 1,9	5,93	184,5 ± 3,11	6,01
в том числе				
бедренных	114,3 ± 2,3	6,55	118,3 ± 4,7	5,83
голени	67,5 ± 1,6	5,15	66,2 ± 2,4	6,13
прочих	118,1 ± 7,9	10,81	119,8 ± 7,1	15,09
всего	476,1 ± 6,9	5,73	474,5 ± 8,5	6,78
внутренних органов	66,7 ± 4,5	5,28	66,3 ± 3,7	6,15
кожи с подкожным жиром	102,4 ± 3,8	7,13	103,1 ± 4,6	5,82
съедобных частей	645,2 ± 6,4	4,24	643,9 ± 5,3	4,77
костей	179,6 ± 4,7	5,43	172,8 ± 4,3	6,18
Выход в % к живой массе				
потрошенной тушки	68,93 ± 0,25	1,97	68,84 ± 0,28	2,03
грудных мышц	16,02 ± 0,19	5,42	15,61 ± 0,16	4,81
ножных	16,53 ± 0,12	5,00	16,93 ± 0,11	4,87
в том числе:				
бедренных	10,39 ± 0,13	4,88	10,85 ± 0,14	5,14
голени	6,14 ± 0,11	5,18	6,07 ± 0,09	4,32
прочих	10,74 ± 0,39	12,54	10,99 ± 0,36	14,73
всего	43,29 ± 0,33	5,37	43,53 ± 0,31	4,53
внутренних органов	6,06 ± 0,18	4,51	6,08 ± 0,17	3,97
кожи с подкожным жиром	9,31 ± 0,21	3,40	9,46 ± 0,22	3,25
съедобных частей	58,66 ± 0,47	3,96	58,88 ± 0,41	4,11
костей	16,33 ± 0,21	5,16	15,85 ± 0,19	5,08

Таблица 7.

Показатели анатомической разделки гибридных цесарок

Показатель	Самцы		Самки	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Масса, г				
полупотрошенной тушки	1062,0 ± 11,9	2,19	1052,5 ± 8,3	3,12
потрошенной тушки	914,0 ± 16,3	3,89	894,8 ± 6,5	1,46
грудных мышц	216,1 ± 6,4	5,97	212,3 ± 2,2	2,09
ножных,	222,8 ± 4,3	5,63	220,5 ± 5,0	4,48
в том числе				
бедренных	142,5 ± 6,2	8,70	137,8 ± 4,4	6,19
голени	80,3 ± 1,8	4,33	82,7 ± 1,7	4,11
прочих	145,6 ± 9,5	12,62	142,9 ± 4,4	5,79
всего	584,5 ± 13,6	4,60	575,7 ± 3,8	1,28
внутренних органов	72,8 ± 3,7	5,28	71,3 ± 3,5	4,54
кожи с подкожным жиром	124,4 ± 4,8	7,35	119,3 ± 3,6	8,21
съедобных частей	781,7 ± 11,1	3,31	766,6 ± 4,8	1,51
костей	205,1 ± 7,9	8,48	199,5 ± 7,1	8,33
Выход в % к живой массе				
потрошенной тушки	70,31 ± 0,35	2,04	70,33 ± 0,51	1,46
грудных мышц	16,62 ± 0,27	5,87	16,72 ± 0,32	3,78
ножных	17,14 ± 0,22	5,73	17,36 ± 0,46	5,18
в том числе				
бедренных	10,96 ± 0,21	5,64	10,85 ± 0,37	6,65
голени	6,18 ± 0,15	6,53	6,51 ± 0,16	4,95
прочих	11,20 ± 0,30	5,86	11,25 ± 0,28	4,71
всего	44,96 ± 0,44	2,54	45,33 ± 0,52	2,24
внутренних органов	5,60 ± 0,12	3,31	5,61 ± 0,13	2,91
кожи с подкожным жиром	9,57 ± 0,18	4,12	9,42 ± 0,21	3,74
съедобных частей	60,13 ± 0,52	4,08	60,36 ± 0,67	2,66
костей	15,77 ± 0,19	7,25	15,71 ± 0,22	7,38

ВБ-4 достоверно ($P < 0,05$) имели наибольшую массу съедобных частей на 29,1...122,7 г и внутренних органов — 1,2...14,1 г. Выход в % к живой массе потрошенной тушки гибридов был больше на 0,89...1,47%, чем у линейной птицы. Таким образом, полученные результаты анатомической разделки тушек свидетельствуют о более высоких мясных качествах гибридной птицы.

Выводы. При изучении цесарок *волжской белой* породы в КФХ К.А. Жданова нами выделены и сохранены дифференцированные по продуктивным качествам специализированные линии, от которых возможно получение межлинейных гибридов. Для дальнейшего повышения продуктивности фермерской птицы необходима углубленная специализация исходных линий, отцовскую линию следует отбирать по живой массе, мясным формам телосложения молодняка и спермопродукции взрослой птицы, материнскую — по плодовитости. Для получения высокого выхода мяса от несушки при невысокой его себестоимости рекомендуем отбирать цесарок материнской линии по живой массе не ниже 0,5 средней величины этого показателя по линии. Дальнейшее улучшение исходных линий в направлении их специализации даст эффективные результаты при скрещивании. Созданные родительские формы и гибридная птица обладают хорошей мясной и яичной продуктивностью и могут быть использованы для получения высококачественной продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Забиякин В.А., Замятин С.А. Скорость роста и мясные качества цесарок содержащихся в условиях фермерского хозяйства. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (4). С. 581–588. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.581-588>
2. Забиякин В.А., Замятин С.А., Максуткин С.А. Племенные показатели фермерских цесарок // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 83–86. EDN: WRFPPWH, <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/83-86>
3. Ройтер Я.С. Использование генофонда сельскохозяйственной птицы в селекционной работе // Птица и птицепродукты. 2016. № 3 С. 45–47.
4. Ройтер Я.С. Цесарки: история разведения и селекции // Наше сельское хозяйство. 2023. № 18 (314) С. 62–65.
5. Ройтер Я.С. Цесарки // Руководство по содержанию и разведению. М.: Аквариум-Принт, 2023. 208 с.
6. Ройтер Я.С., Гусева Н.К., Подтелков В.И. и др. Производство мяса и яиц цесарок: Методические рекомендации // Под общ. ред. Я.С. Ройтера. Сергиев Посад, 1993. 22 с.
7. Ройтер Я.С. Гусева Н.К., Русецкая Т.П. Особенности селекционной работы с цесарками // Птицеводство. 2016. № 3. С. 7–11.
8. Ройтер Я.С., Шашина Г.В., Дегтярева Т.Н., Дегтярева О.Н. Современная программа селекции цесарок // Птицеводство. 2019. № 4. С. 15–19. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-4-15-19>
9. Ройтер Я.С., Шашина Г.В., Дегтярева Т.Н., Лесик О.П. Особенности селекции линий цесарок загорской бело-грудой породы // Птицеводство. 2022. № 3. С. 10–14. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-3-10-14>
10. Zabyakin V.A., Trubyanov A.B., Zabyakina T.V. Selection Of Volzhskaya White Breed Of Guinea Fowl By Gender-Related Plumage Pigmentation // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 9 (6). P. 1538–1543.

REFERENCES

1. Zabyakin V.A., Zamyatin S.A. Skorost' rosta i myasnye kachestva cesarok soderzhashchihsy v usloviyah fermerskogo hozyajstva. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. № 22 (4). S. 581–588. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.581-588>
2. Zabyakin V.A., Zamyatin S.A., Maksutkin S.A. Plemennye pokazateli fermerskih cesarok // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 6. S. 83–86. EDN: WRFPPWH, <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/83-86>
3. Rojter Ya.S. Ispol'zovanie genofonda sel'skohozyajstvennoj pticy v selekcionnoj rabote // Ptica i pticeprodukty. 2016. № 3 S. 45–47.
4. Rojter Ya.S. Cesarki: istoriya rezvedeniya i selekcii // Nashe sel'skoe hozyajstvo. 2023. № 18 (314) S. 62–65.
5. Rojter Ya.S. Cesarki // Rukovodstvo po soderzhaniyu i razvedeniyu. M.: Akvarium-Print, 2023. 208 s.
6. Rojter Ya.S., Guseva N.K., Podtelkov V.I. i dr. Proizvodstvo myasa i yaic cesarok: Metodicheskie rekomendacii // Pod obshch. red. Ya.S. Rojtera. Sergiev Posad, 1993. 22 s.
7. Rojter Ya.S. Guseva N.K., Ruseckaya T.P. Osobennosti selekcionnoj raboty s cesarkami // Pticevodstvo. 2016. № 3. S. 7–11.
8. Rojter Ya.S., Shashina G.V., Degtyareva T.N., Degtyareva O.N. Sovremennaya programma selekcii cesarok // Pticevodstvo. 2019. № 4. S. 15–19. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-4-15-19>

9. Rojter Ya.S., Shashina G.V., Degtyareva T.N., Lesik O.P. Osobennosti selekcii linij cesarok zagorskoj belogrudoj porody // Pticevodstvo. 2022. № 3. S. 10–14.
https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-3-10-14
10. Zabiyaikin V.A., Trubyanov A.B., Zabiyaikina T.V. Selection Of Volzhskaya White Breed Of Guinea Fowl By Gender-Related Plumage Pigmentation // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 9 (6). P. 1538–1543.

Поступила в редакцию 27.03.2024
Принята к публикации 10.04.2024

УДК 636.15.082

DOI: 10.31857/S2500208224050184, EDN: zrzijv

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ МНОЖЕСТВЕННЫХ КОНГЕНИТАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ ГЛАЗ У ЛОШАДЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ СЕРЕБРИСТОГО ГЕНА НА ПРИМЕРЕ СОВЕТСКОЙ ТЯЖЕЛОВОЗНОЙ ПОРОДЫ

Анна Вячеславовна Борисова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
ORCID 0000-0003-0034-8747

Магомед Валединович Рамазанов², кандидат биологических наук, ORCID 0009-0001-4125-4758

Елена Борисовна Телешова², кандидат медицинских наук, ORCID 0009-0001-8936-0824

¹ФГБНУ ВНИИ коневодства, п. Дивово, Рязанская обл., Россия

²ГОУ ВПО «Астраханский государственный медицинский университет», г. Астрахань, Россия

E-mail: vniik63@mail.ru

Аннотация. В статье конкретизируются клинические данные по молекулярному и морфофункциональному началу развития множественных конгенитальных аномалий глаз (Equine Multiple Congenital Anomalies – MCOA), сцепленных с серебристым геном, на примере советской тяжеловозной породы лошадей. Представлены рекомендации для владельцев по их содержанию и медикаментозной поддержке. Исследование провели на основе данных селекционного центра ВНИИК, генетического тестирования и офтальмологического осмотра. В фокус-группу вошло 26 лошадей, обследованных на наличие серебристого гена. Лошадей советской тяжеловозной породы нужно тестировать на присутствие серебристого гена. Однако наличие MCOA, сцепленных с серебристым геном, не считается показанием к выбраковке лошадей в связи со статусом данной породы как исчезающей. Партнер для случки должен быть без генетических аномалий, чтобы они не распространялись при неконтролируемом скрещивании. Необходимы регулярное наблюдение офтальмолога и четкое выполнение его рекомендаций для предотвращения развития инфекционных осложнений и быстрого прогрессирования заболевания. Лошади, гомозиготные по серебристому гену, должны содержаться в условиях, ограничивающих возможность травмирования глазных яблок, в том числе вторичного повреждения структур глаз УФ-спектром солнечного излучения, для чего следует применять малопрозрачные/непрозрачные маски или солнцезащитные очки. Использование в работе лошадей с частичной или полной потерей зрения потенциально опасно, это допустимо только при соблюдении ряда условий и готовности владельца нести юридическую ответственность за возможные последствия.

Ключевые слова: множественные конгенитальные аномалии глаз (MCOA), серебристый ген, советская тяжеловозная порода лошадей

MOLECULAR AND MORPHOFUNCTIONAL BASES OF DEVELOPMENT OF THE HORSE MULTIPLE CONGENITAL EYE ANOMALIES WITH THE SILVER GENE PRESENCE ON THE EXAMPLE OF THE SOVIET DRAFT BREED

A.V. Borisova¹, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher

M.V. Ramazanov², PhD in Biological Sciences

E.B. Teleshova², PhD in Medical Sciences

¹All-Russian Research Institute of Horse Breeding, Divovo village, Ryazan region, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Medical University”, Astrakhan, Russia

E-mail: vniik63@mail.ru

Abstract. The article concretizes clinical data on the molecular and morphofunctional foundations of the development of multiple congenital eye abnormalities (MCOA) linked to the silver gene, using the example of the Soviet heavy-duty horse breed. Recommendations for owners on their maintenance and medical support and work with them are provided. The study was conducted on the basis of data from the VNIIC breeding center for the specified horse breed, genetic testing and ophthalmological examination. The focus group included 26 horses of the Soviet heavy-duty breed, examined for the presence of the silver gene. The results of the study showed that horses of the Soviet heavy-duty breed should undergo genetic testing for the presence of a silver gene in the genotype. However, the presence of MCOA linked to the silver gene is not an indication for the culling of horses due to the status of this breed as endangered, if it is necessary to select a mate for mating without genetic abnormalities so that they do not spread during uncontrolled crossing. Regular observation of an ophthalmologist and strict implementation of his recommendations

are necessary to prevent the development of infectious complications and rapid progression of the disease with the onset of blindness. Horses homozygous for the silver gene should be kept in conditions that limit the possibility of injury to the eyeballs, including secondary damage to eye structures by the UV spectrum of solar radiation, for which translucent/opaque masks or sunglasses should be used. Working on homozygous horses with partial or complete loss of vision is potentially dangerous and possible only if a number of conditions are met and the owner is ready to bear legal responsibility for possible consequences.

Keywords: multiple congenital eye abnormalities (MCOA), silver gene, Soviet heavy-draft horse breed

Множественные конгенитальные аномалии глаз (Equine Multiple Congenital Anomalies – MCOA) как заболевание, сцепленное с геном серебристости у лошадей (Silver Gen, аллель Z), описаны в зарубежной литературе. В отечественных источниках найти информацию об этом заболевании затруднительно и полностью отсутствуют практические рекомендации для владельцев таких лошадей. В данном исследовании мы конкретизируем имеющиеся сведения, используя литературные источники и личный опыт работы с *советской тяжеловозной* породой.

Синдром множественных конгенитальных аномалий глаз – это комплекс наследственных врожденных дефектов, который впервые был описан у лошадей *Скалистых гор* серебристого окраса (носители аллеля Z), но MCOA присутствует и у более древних пород, например, у *исландских*, а также *комтуа*, *шетлендских*, *немецких классических пони* и *миниатюрных* лошадей. [2, 4, 6]

Аллель Z и сцепленные с ним MCOA попали в генофонд *советской тяжеловозной* породы от выведенных *бельгийских тяжеловозов* (брабансоны). Численность носителей серебристого гена, по исследованию А.В. Курской, в 2017 году составила 35,9% на 78 генетически тестированных представителей *советской тяжеловозной* породы. Причина широкого распространения аллеля Z в генофонде породы заключается в сокращении численности поголовья. Если в 1990 году насчитывалось 373 матки племенных *советских тяжеловозов*, то в 2014 – 275, 2023 – 172. Второй фактор – нарастание уровня инбридинга с 1981 по 2015 год от 1,72 до 2,81%, в 2023 году в *советской тяжеловозной* породе по данным селекционного центра ВНИИК он достиг 3,5%.

Мутация, вызывающая MCOA, расположена в пределах хромосомного интервала, который также содержит ген и мутацию, связанную с серебристым цветом шерсти (PMEL 17, экзон 11). Наличие серебристого гена фенотипически приводит к осветлению длинных волос (грива и хвост), базовый окрас туловища остается относительно темным. Поскольку доминантные мутации в премеланосомальном белке PMEL 17 почти не затрагивают синтез желтого пигмента феомеланина, у лошадей рыжей масти действие этого гена внешне не проявляется. [1]

Доминантный мутантный аллель в локусе PMEL 17, несущий в себе тесно связанные фенотипические признаки серебристого окраса шерсти и MCOA, наследуется по типу аутосомного кодоминирования, определяемого как доминантная экспрессия аллеля с фенотипическими различиями между гомозиготами и гетерозиготами. Однако предполагается неполная пенетрантность. [6]

Таким образом, лошади с двумя копиями варианта серебристого гена (генотип Z/Z) имеют больший риск развития MCOA, чем с одной (n/Z), наследование не сцеплено с полом. У лошадей, гомозиготных по безлезнетворному аллелю, множественные дефекты глаз

(MCOA-фенотип), у гетерозиготных наблюдаются кисты радужной оболочки, цилиарного тела или сетчатки (Cyst-фенотип) (рис. 1).

Синдром множественных врожденных аномалий глаз состоит из повреждений, локализующихся в переднем отрезке глаза. [4, 5]

При ультразвукографии (В-режим) глаз с помощью макроконвексного (6 МГц) и линейного (9 МГц) датчиков транспальпебральным методом без опорной подушки у лошадей с MCOA выявляют цилиарные кисты, визуализирующиеся как гипоехогенные структуры, окруженные тонкой гиперэхогенной стенкой. [10]

При магнитно-резонансной томографии глазных яблок реснитчатое тело часто имеет аномальный, слегка гиперинтенсивный сигнал с увеличенным и изоили гипоинтенсивным видом в центре (рис. 2а).

Поверхность роговицы уплотнена (рис. 2б), с гиперинтенсивными карманами (рис. 2в). Периокулярные структуры, включая зрительные нервы, выглядят нормально.

По результатам патологоанатомического исследования вылущенных глазных яблок, внешне они чаще выглядят увеличенными с выраженным выступанием роговицы, но встречаются также микрофтальмия или нормальные размеры.

На срезах толщиной 5 мкм, окрашенных гематоксилином и эозином для микроскопического исследования, гистология глаз выявляет множественные цилиарные кисты, которые выстланы изнутри не пигментированным эпителием, окруженным пигментированным мерцательным эпителием и небольшим количеством стромы или не пигментированного слоя плоских клеток (рис. 3а, 3-я стр. обл.).

Имеет место диффузная двусторонняя атрофия сетчатки, характеризующаяся смещением и атрофией внутреннего и наружного ядерного слоя, периодической очаговой гипертрофией пигментного эпителия сетчатки, а также частой вакуолизацией и набуханием (дегенерация) ганглиозных клеток. Мультифокально – отсутствие слоя палочек и колбочек, также небольшие участки отслойки сетчатки. Хрусталики часто выглядят нормально. В роговице наблюдается разрежение стромы с наличием пустых щелей между стромальными волокнами (отек) и мелких капилляров в поверхностной строме (неоваскуляризация), встречаются очаговые эпителиальные дефекты (поверхностное изъязвление), диффузная легкая инфильтрация нейтрофилов в поверхностной строме, легкая периваскулярная инфильтрация плазматическими клетками и лимфоцитами на периферии роговицы, неоваскуляризация глубокой стромы, очаговое прикрепление от низкого до умеренного количества нейтрофилов и некоторых макрофагов к периферическому эндотелию роговицы (рис. 3б, 3-я стр. обл.).

При бактериологическом исследовании отделяемого прижизненно и содержимого камер глазных яблок посмертно бактериального роста патологических ми-

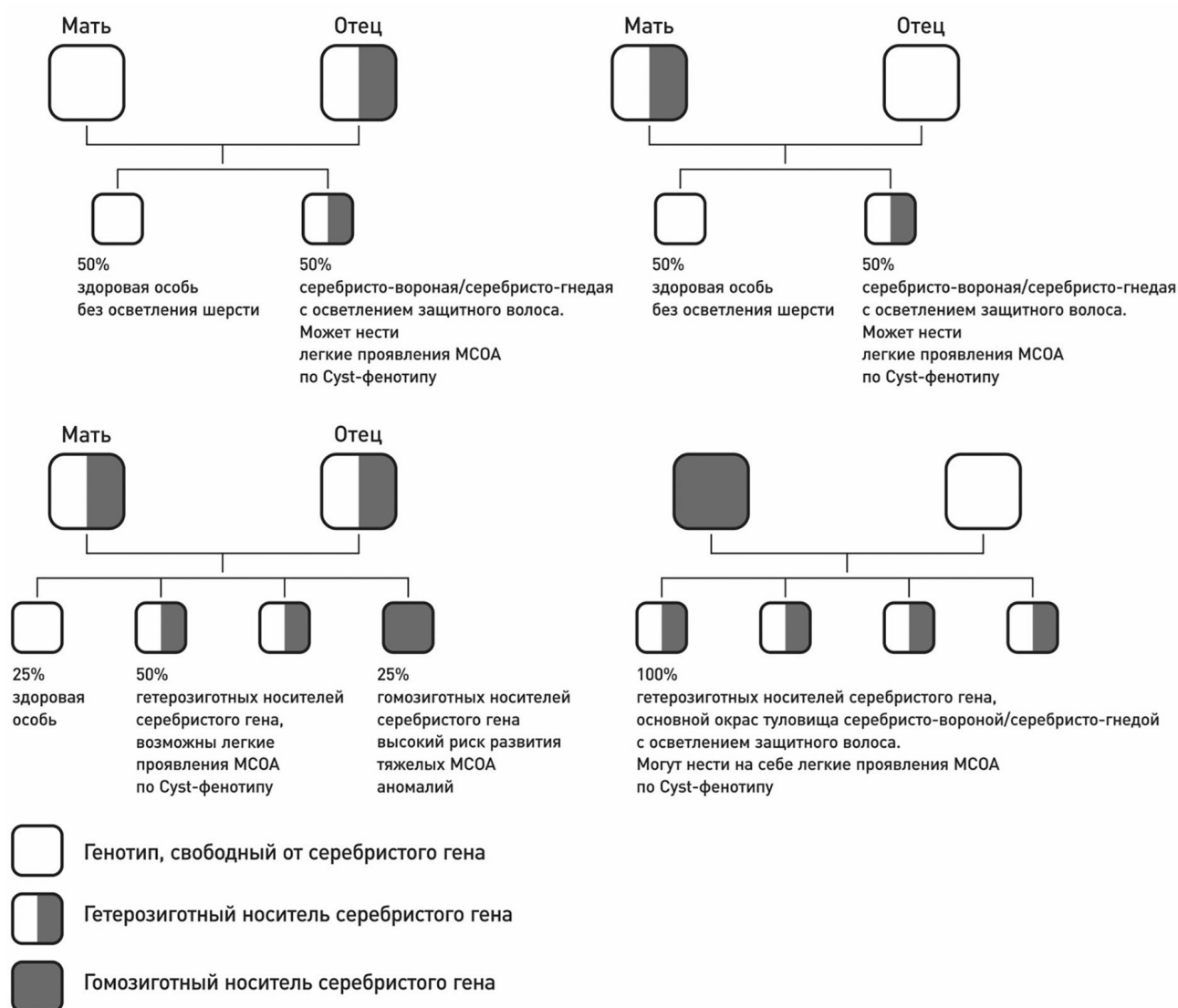


Рис. 1. Варианты наследования серебристого гена и сцепленных с ним МСОА.

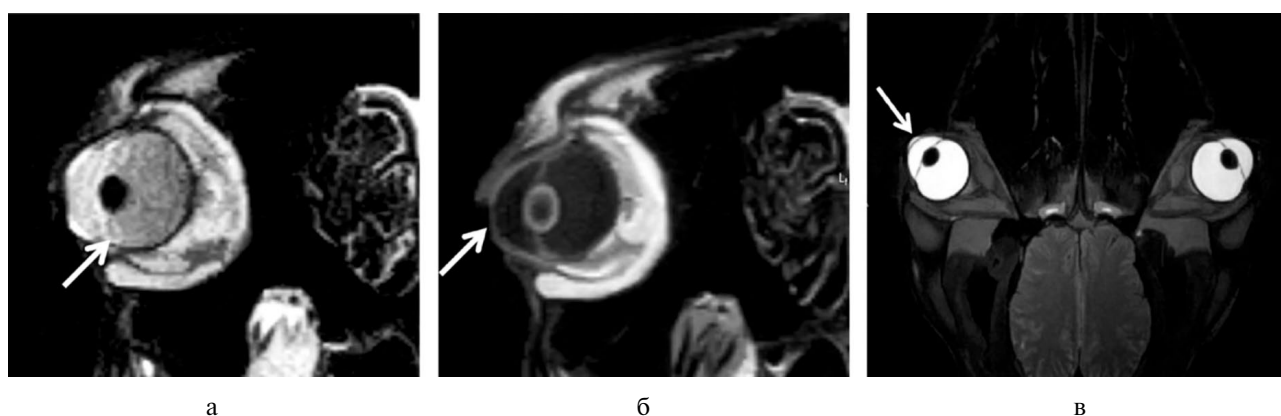


Рис. 2. Магнитно-резонансная томография сканером 0,2 Tesla skanner, Airis Mate с толщиной среза 4 мм: а – anomальное цилиарное тело; б – утолщенная поверхность роговицы; в – гиперинтенсивный карман на утолщенной роговице.

кроорганизмов у лошадей с МСОА не обнаружено. Лошади, страдающие МСОА, как гомо-, так и гетерозиготы по серебристому гену, достоверно не имеют патологических изменений на уровне других органов и систем, которые можно было бы выявить при современном уровне диагностики.

PMEL представляет собой белок, специфичный для пигментных клеток, образующий физиологические амилоидные фибриллы, на которых полимеризуются пигменты меланина внутри субклеточных пигментных органелл, называемых меланосомами (рис. 4). Амилоидные фибриллы – это полимеры отдельных белков,



Рис. 4. Механизмы образования амилоидных фибрилл.

которые олигомеризуются и собираются в характерную фибриллярную структуру с поперечно-бета-листовой основой. [3].

Функциональные амилоидные фибриллярные листы, состоящие в основном из просветных протеолитических фрагментов PMEL, образуют структурную основу эумеланосом, представляющих собой мембраносвязанные, специфичные для пигментных клеток органеллы, связанные с лизосомами, в которых синтезируются и хранятся черные и коричневые пигменты меланина. Образование амилоида обычно связано с патологиями, такими как агрегаты A β при болезни Альцгеймера или агрегаты прионов при наследственной или приобретенной губчатой энцефалопатии. Однако амилоидная складка также используется в функциональных целях у прокариот, низших эукариот и даже у млекопитающих. В отличие от наиболее известных форм амилоида, которые провоцируют патологические процессы, PMEL – пример доброкачественного и функционального амилоида.

Мутации в гене этого белка приводят к гипопигментации, то есть неспособности выработки пигмента меланина (в случае с мутацией у лошадей – носителей серебристого гена эумеланина) и снижению жизнеспособности клеток. Учитывая токсический эффект, обнаруживаемый у амилоидов и их предшественников (олигомеры) как во внутриклеточном, так и внеклеточном пространстве, процесс образования амилоидов строго регулируется, чтобы избежать повреждения клеток. Полноразмерный PMEL 17 синтезируется и доставляется в молодые меланосомы в виде белка, связанного со структурой мембраны (трансмембранный белок), неспособного формировать амилоиды. Когда две специальные сайт-специфические протеазы отщепят от белка фрагмент (M α), запускается процесс. Фибриллы M α далее созревают в результате протеолитической реакции и собираются в листы, на которых откладываются меланины по мере их синтеза во время созревания меланосом. Затем M α подвергается упорядоченной олигомеризации с образованием протофибрилл. Быстрое возникновение амилоидов M α в сочетании с их вычленением из мембраны, по-видимому, минимизирует токсичность, возникающую при их появлении (рис. 5).

В пределах первичной последовательности указаны сигнальный пептид (S), N-концевая область (NTR), повторяющийся домен поликистозной почки (PKD),

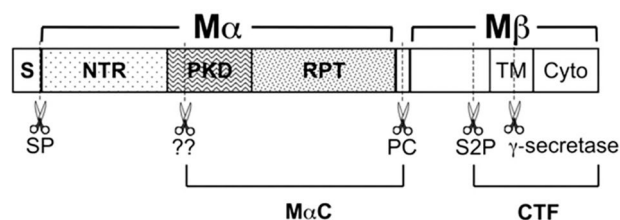


Рис. 5. Схема структуры домена PMEL, соответствующих протеолитических фрагментов и сайтов протеолитического расщепления.

домен (RPT), трансмембранный (TM) и цитоплазматический (Cyto). Сигнальный пептид удаляется с N-конца PMEL в ЭР с помощью сигнальной пептидазы (SP). PMEL расщепляется пропротеинконвертазой (PC) с образованием фрагментов M α и M β , которые связаны дисульфидными связями (не показано). Последующее расщепление протеазой сайта 2 (S2P) в сайте, проксимальном к люминальной стороне TM, приводит к формированию C-концевого фрагмента (CTF) и высвобождает M α . Пока еще неопознанные ферменты (отмечены знаком «??») дополнительно расщепляют M α в пока еще неизвестных сайтах с образованием M α C. Показано, что фрагменты M α C и фрагмент домена PKD накапливаются в фибриллярных меланосомах. [7–9]

Предполагается, что мутация моделирует превращение физиологического амилоида в патологический из-за незначительных изменений в преамилоидной сборке амилоидогенного белка и, таким образом, влияет на доброкачественный либо патогенный амилоидный путь.

У серебристых лошадей доминантная миссенс-мутация в PMEL приводит к трансверсии, которая заменяет цистеин на втором из трех последовательных остатков аргинина сразу после PMEL TMD (TMR625C), вызывая наиболее заметное разбавление черного пигмента в гриве и хвосте животного. Гипоморфные мутации PMEL у некоторых видов приводят лишь к небольшому разбавлению пигмента, которое наследуется рецессивным образом, аллели PMEL, обнаруженные у лошадей носителей серебристого гена, содержат мутации, изменяющие трансмембранный домен PMEL TMD, то есть неамилоидогенную область PMEL. Усиление димеризации, опосредованной TMD, влияет на сворачивание, сборку и образование фибрилл PMEL. Существует мнение, что неамилоидогенные домены димеров PMEL, которые выступают из фибрилл и регулируют их упаковку в сборки более высокого порядка, могут располагаться по-другому. Альтернативное объяснение состоит в том, что олигомеризация посредством PMEL TMD способна увеличить кинетику сборки фибрилл более высокого порядка. Любой эффект приводит к более плотной упаковке фибрилл внутри меланосом на ранней стадии. Лошади – носители серебристого гена имеют тяжелую потерю пигмента, которая может быть связана с гибелью пигментных клеток.

Цель работы – конкретизация клинических данных по МСОА, сцепленных с серебристым геном, на примере советской тяжеловозной породы лошадей и создание рекомендаций для владельцев по содержанию, медикаментозной поддержке животных с данной аномалией и работе с ними.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использовали данные селекционного центра ВНИИК по *советской тяжелоупряжной* породе лошадей, генетического тестирования, проводимого в лаборатории LABOKLIM GmbH & Co. KG, для которого отбирали пробы волос из гривы лошадей фокус-группы ($n = 26$), и офтальмологического осмотра, включающего в себя биомикроскопию щелевой лампой, прямую и обратную офтальмоскопию, проверку зрачковых хроматических рефлексов, ультразвуковое исследование глазного яблока.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Серебристый ген в гетерозиготе (n/Z) был выявлен у 25% жеребцов и 21,4% кобыл, в гомозиготе (Z/Z) у 16,7% жеребцов и 0% кобыл (рис. 6, 3-я стр. обл.).

У лошадей — гетерозигот по серебристому гену различных возрастов (7 мес., 1,5 года, 4 года и 11 лет), обследованных в рамках фокус-группы, клинической картины МСОА выявлено не было, в том числе соответствующей Cyst-фенотипу. Только у двух жеребцов — гомозигот по серебристому гену была обнаружена развернутая клиническая картина МСОА. Поэтому в создании рекомендаций для владельцев лошадей с МСОА мы руководствуемся данными литературных источников.

Допуск лошадей — носителей серебристого гена с клинической картиной МСОА в разведение зависит от племенной ценности животного. Серебристый ген, с которым сцеплены МСОА, как аутосомно-доминантная мутация, нежелателен к передаче. Однако при скрещивании лошади, гомозиготной по серебристому гену, с чистым от генетических аномалий животным мы получим в первом поколении 100% гетерозиготных носителей серебристого гена (возможно, без клинической картины МСОА или с Cyst-фенотипом без полной потери зрения), а при скрещивании первого поколения в дальнейшем с чистыми партнерами вероятность получения свободного от серебристого гена потомства составляет 50%. Таким образом, используя в племенной работе ценных производителей, гомозиготных по серебристому гену с клинической картиной МСОА, мы можем сохранить породную линию. Это актуально в условиях продолжающегося сокращения поголовья *советской тяжелоупряжной* породы и исчезновения линий.

Выводы. Лошади *советской тяжелоупряжной* породы обязательно должны проходить генетическое тестирование на наличие в генотипе серебристого гена.

Гомозиготные лошади по серебристому гену с клинической картиной допускаются в разведение, но с учетом подбора к ним здоровых животных, при котором будут получены 100%-е гетерозиготные носители серебристого гена.

Наличие МСОА, сцепленных с серебристым геном, не служит показанием к выбраковке лошадей *советской тяжелоупряжной* породы в связи со статусом породы как исчезающей. В случае как гетеро-, так и гомозиготного носительства данной генетической аномалии необходим подбор здоровой пары на основании генетического тестирования.

Для расширения генетического разнообразия в *советской тяжелоупряжной* породе с помощью прилития

крови *литовской тяжелоупряжной* породы обязательно должно проводиться тестирование вводимых в породу лошадей на генетические аномалии.

Нежелательно прилитие крови *советских тяжелоупряжных* другим породам лошадей, в том числе аборигенным для увеличения живой массы и продуктивности, без предварительного генетического тестирования. Бесконтрольное скрещивание приведет к распространению генетических аномалий в «чистых» породах.

С учетом патогенеза процессов, приводящих к клинической картине МСОА у лошадей, гомозиготных по серебристому гену, мы рекомендуем комплекс мероприятий, включающий специфические условия содержания, ограничивающие возможность травматизации глазных яблок, в том числе профилактику вторичного повреждения структур глаз УФ-спектром солнечного излучения. Для этого необходимо использовать малопрозрачные/непрозрачные маски или специальные солнцезащитные очки для лошадей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борисова А.В., Телешова Е.Б., Рамазанов М.В. Стратегия селекционной работы с малочисленными породами с учетом генетических аномалий на примере советской тяжелоупряжной породы // Коневодство и конный спорт. 2023. № 6. С. 17–20.
2. Andersson L.S., Axelsson J., Dubielzig R.R. et al. Multiple congenital ocular anomalies in Icelandic horses // BMC Veterinary Research. 2011. Vol. 7 (21).
3. Andersson L.S., Wilbe M., Viluma A. et al. Equine Multiple Congenital Ocular Anomalies and Silver Coat Colour Result from the Pleiotropic Effects of Mutant PMEL // PLoS One. 2013. Vol. 8. e75639. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075639>
4. Depecker M.C., Ségard E.M., Cadoré J.L. Phenotypic description of multiple congenital ocular anomalies in Comtois horses // Equine Veterinary Education. 2013. Vol. 25 (10). PP. 511–516.
5. Johansson M.K., Fegraeus K.J., Lindgren G., Eksten B. The refractive state of the eye in Icelandic horses with the Silver mutation // BMC Veterinary Research. 2017. Vol. 13 (1). P. 153.
6. Komáromy A.M., Rowlan J.S., La Croix N.C., Mangan B.G. Equine Multiple Congenital Ocular Anomalies (MCOA) syndrome in PMEL17 (Silver) mutant ponies: five cases // Veterinary Ophthalmology. 2011. Vol. 14 (5). PP. 313–320.
7. Matthews A.G. Multiple congenital ocular anomalies and the silver dapple gene // Equine Veterinary Education. 2013. Vol. 25 (11). PP. 556–557.
8. Oosterlinck M., Grebert A., Gielen I., et al. Post mortem magnetic resonance imaging of multiple congenital ocular anomalies in a Comtois mare // Equine Veterinary Education, Early View. 2015.
9. Premont J.E., Andersson L., Grauwels M. Multiple congenital ocular anomalies syndrome in a family of Shetland and Deutsches Classic ponies in Belgium // Equine Veterinary Education. 2013. Vol. 25 (11). PP. 550–555.
10. Ségard E.M., Depecker M.C., Lang J. et al. Ultrasonographic features of PMEL17 (Silver) mutant gene-associated multiple congenital ocular anomalies (MCOA) in Comtois and Rocky Mountain horses // Veterinary Ophthalmology. 2013. Vol. 16 (6). PP. 429–435.

REFERENCES

1. Borisova A.V., Teleshova E.B., Ramazanov M.V. Strategija selekcionnoj raboty s malochislennymi porodami s uchetom geneticheskikh anomalij na primere sovetskoj tjazhelovoznoj porody // Konevodstvo i konnyj sport. 2023. № 6. S. 17–20.
2. Andersson L.S., Axelsson J., Dubielzig R.R. et al. Multiple congenital ocular anomalies in Icelandic horses // BMC Veterinary Research. 2011. Vol. 7 (21).
3. Andersson L.S., Wilbe M., Viluma A. et al. Equine Multiple Congenital Ocular Anomalies and Silver Coat Colour Result from the Pleiotropic Effects of Mutant PMEL // PLoS One. 2013. Vol. 8 e75639. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075639>
4. Depecker M.C., Ségard E.M., Cadoré J.L. Phenotypic description of multiple congenital ocular anomalies in Comtois horses // Equine Veterinary Education. 2013. Vol. 25 (10). PP. 511–516.
5. Johansson M.K., Fegraeus K.J., Lindgren G., Ekestén B. The refractive state of the eye in Icelandic horses with the Silver mutation // BMC Veterinary Research. 2017. Vol. 13 (1). P. 153
6. Komáromy A.M., Rowlan J.S., La Croix N.C., Mangan B.G. Equine Multiple Congenital Ocular Anomalies (MCOA) syndrome in PMEL17 (Silver) mutant ponies: five cases // Veterinary Ophthalmology. 2011 Vol. 14 (5). PP. 313–320.
7. Matthews A.G. Multiple congenital ocular anomalies and the silver dapple gene // Equine Veterinary Education. 2013. Vol. 25 (11). PP. 556–557.
8. Oosterlinck M., Grebert A., Gielen I. et al. Post mortem magnetic resonance imaging of multiple congenital ocular anomalies in a Comtois mare // Equine Veterinary Education, Early View. 2015.
9. Premont J.E., Andersson L., Grauwels M. Multiple congenital ocular anomalies syndrome in a family of Shetland and Deutsches Classic ponies in Belgium // Equine Veterinary Education. 2013. Vol. 25 (11). PP. 550–555.
10. Ségard E.M., Depecker M.C., Lang J. et al. Ultrasonographic features of PMEL17 (Silver) mutant gene-associated multiple congenital ocular anomalies (MCOA) in Comtois and Rocky Mountain horses // Veterinary Ophthalmology. 2013. Vol. 16 (6). PP. 429–435.

Поступила в редакцию 23.04.2024

Принята к публикации 07.05.2024

УДК 618.36-092:618.56-007.47:636.2

DOI: 10.31857/S2500208224050195, EDN: zruozs

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИММУНОЛОКАЛИЗАЦИЯ МАТРИКСНЫХ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗ В ПЛАЦЕНТЕ КОРОВ ПРИ ЗАДЕРЖАНИИ ПОСЛЕДА*

Владимир Семенович Авдеенко, доктор ветеринарных наук
Александра Игоревна Мороз, аспирант
Даниил Игнатьевич Сафронов, кандидат ветеринарных наук
Евгений Юрьевич Финагеев, кандидат ветеринарных наук
Светлана Петровна Макавичик, доктор ветеринарных наук
Карина Абдукахоровна Моисеева, аспирант

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: sashamoroz.shuramoroz@mail.ru

Аннотация. Впервые с применением гистохимических и иммуногистохимических методов были установлены эпителизированные дефекты с признаками дистрофии в криптах карункулов у коров с задержанием последа. Количество диплокариоцитов на единицу площади в плаценте при нормальных родах превышало число клеток у коров при задержании последа в три раза. В строме ворсин аллантохориона котиленонов возрастает число коллагеновых волокон более крупных размеров, чем при нормальных родах. Матриксные металлопротеиназы мембранного типа выступают в качестве потенциальных активаторов, контролирующих ремоделирование внеклеточного матрикса. В образцах, полученных от коров с задержанием последа в строме дефрагментированных материнских крипт, установлено распределение MMP, иммунопозитивные клетки фиксировались вокруг сосудов при активном продуцировании MMP-1 и MMP-3. Снижение MMP-2 и MMP-9 в плацентах наблюдали в ворсинах аллантохориона фетальной части плаценты. Таким образом, они локализуются в котиленоне и могут влиять на своевременное высвобождение ворсин аллантохориона из крипт карункулов, обеспечивая отделение плодных оболочек плода от материнской плаценты у крупного рогатого скота.

Ключевые слова: молочный скот, плацента, задержание последа, плацентарная связь, морфогистохимические и иммуногистохимические методы исследования

PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES AND IMMUNOLocalIZATION OF MATRIX METALLOPROTEINASES IN THE PLACENTA OF COWS DURING AFTERBIRTH RETENTION

V.S. Avdeenko, *Grand PhD in Veterinary Sciences*
A.I. Moroz, *PhD Student*
D.I. Safronov, *PhD in Veterinary Sciences*

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда 23-26-00284, <https://rscf.ru/project/23-26-00284/>
The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation (project no. 23-26-00284, <https://rscf.ru/project/23-26-00284/>).

E.Yu. Finageev, *PhD in Veterinary Science*
S.P. Makavchik, *Grand PhD in Veterinary Sciences*
K.A. Moiseeva, *PhD Student*

State Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

E-mail: sashamoroz.shuramoroz@mail.ru

Abstract. For the first time, using histochemical and immunohistochemical methods, epithelialized defects with signs of dystrophy in the crypts of caruncles in cows with afterbirth retention were established. The number of diplocaryocytes per unit area in the placenta of a cow during normal delivery was three times higher than the number of cells in cows with afterbirth retention. In the stroma of the villi of the allantochorion of the cotyledons, an increase in the number of collagen fibers and an increase in the number of fibroblasts, which are larger than in normal childbirth, have been established. In samples obtained from cows with afterbirth retention in the stroma of defragmented maternal crypts, the distribution of MMP was established, and immunopositive cells were fixed around the vessels, with active production of MMP-1 and MMP-3. Decreases in MMP-2 and MMP-9 in placentomas were observed in the allantochorion villi of the fetal part of the placenta. Thus, MMP-2 and MMP-9 are localized in the cotyledon and can affect the timely release of allantochorion villi from the crypts of the caruncles, ensuring the separation of fetal membranes from the maternal placenta in cattle.

Keywords: dairy cattle, placenta, afterbirth retention, placental connection, morphohistochemical and immunohistochemical research methods

В плаценте крупного рогатого скота во время стельности происходят морфологические изменения, определяющие внутриутробное развитие эмбриона, а в дальнейшем плода. [13] В синэпителиохориальной плаценте у жвачных животных плацентарная связь формируется именно в плацентомах, где ворсины аллантохориона котиленонов образуют единую морфологическую структуру с материнскими криптами карункулов. [5] Карункулярный эпителий состоит из безъядерных, гигантских двуядерных и гибридных трехядерных клеток трофобласта. [7] Такая прочная связь между матерью и плодом, по мнению большинства ветеринарных специалистов, необходима в период стельности, но она должна прекратиться после родоразрешения, чтобы обеспечить оптимальное завершение инволюционных процессов в матке. [3] На последних сроках гестации и непосредственно перед родами происходит ремоделирование и потеря адгезии на границе плацентарного барьера между матерью и плодом, то есть «посредник» прекращает свою деятельность.

Отечественные специалисты в области репродуктологии сходятся во мнении, что нарушение данных процессов приводит к возникновению одной из основных акушерских патологий у крупного рогатого скота — задержанию последа. [6] Такое осложнение родового процесса определяется как состояние, при котором плодные оболочки сохраняются в матке спустя 6...12 ч после отела, создавая нарушения на тканевом и субклеточном уровнях. Ангиогенез и ремоделирование как материнской, так и фетальной частей плаценты, а также физиологически своевременное отделение плодных оболочек требуют наличия протеолитических ферментов и последующей деградации компонентов внеклеточного матрикса. [10] В исследованиях указывается, что цитокератины и матриксные металлопротеиназы играют ключевую роль в процессе разрушения внеклеточного матрикса во время затухания и прекращения функции плаценты на последних сроках гестации и вступления коров в роды. [8]

Большинство авторов пришли к выводу, что цитокератины и матриксные металлопротеиназы секретируются в виде неактивных проферментов, которые активируются при расщеплении N-концевого пропептида. Их активность строго регулируется из-за противодействия цитокератинам и тканевым ингибиторам матриксных металлопротеиназ. [10, 12] Однако фер-

ментативная активность MMP-2, по-видимому, более важна в синэпителиохориальной плаценте жвачных животных, чем MMP-9. Активируется MMP-2 при образовании тримолекулярного комплекса между TIMP-2 и MMP-2.

Исследователи заключили, что задержка плаценты в родах происходит после дистокции и родильного пареза. [9] Задержание последа возникает из-за субклинической гипокальциемии, дефицита селена или витамина Е. Оптимальное кормление сухостойных коров способствует уменьшению таких случаев. [2, 4, 15] Выбор быков-производителей, обеспечивающих легкий отел, — наиболее важное управленческое и селекционное решение для предотвращения задержания последа у животных в родах. [14] Для стимуляции отела специалисты рекомендуют использовать индукцию родов кортикостероидами или простагландином F2-альфа (можно одновременно). [11] Но индуцированный отел увеличивает вероятность задержания последа.

В стенке матки коровы при родах трофобластическая выстилка эндометрия выделяет ферменты, которые способствуют растворению волокон фибрина и коллагена, связывающих матку и плаценту, это означает, что фетальная часть плаценты с маткой теряет механическую прочность. [1–3] Долгое время считалось, что окситоцин помогает отделению плодных оболочек после стадии выведения плода, но это не снижало частоту задержания последа у высокопродуктивных молочных коров.

Не было доказано, что препараты кальция ускоряют процесс изгнания плодных оболочек или предотвращают осложнения, связанные с их сохранением в матке. Оперативный метод отделения плодных оболочек вручную не рекомендуется из-за травматичности эндометрия.

Считается, что механизмы, лежащие в основе нарушения отделения плодных оболочек после рождения плода у крупного рогатого скота, изучены недостаточно. Мы предполагаем, что процесс потери единой морфологической структуры между организмами матери и плода модулируется взаимодействием тканевых ингибиторов матриксных металлопротеиназ. Таким образом, регуляция и активация MMP-2 представляет особый интерес для нашего исследования. На данный момент информация об активности ферментов и потенциальной активации MMP-2 для

плаценты крупного рогатого скота отсутствует. Пространственная регуляция деградации внеклеточного матрикса и последующего отделения плодных оболочек может быть опосредована самими плодными оболочками и/или материнской частью плаценты. Кроме того, основные механизмы, участвующие в потере адгезии плодных оболочек после родов изучены слабо. Мы считаем, что процесс потери адгезии между плацентами матери и плода модулируется MMPs. Понимание причин возникновения и механизмов протекания патологических процессов, вызывающих задержание последа у коров, позволит эффективно профилактировать и проводить терапию данной патологии, что сократит экономические потери и повысит рентабельность молочного производства.

Цель работы – изучить морфологические изменения в задержавшейся плаценте коров после выведения плода гистохимическими и иммуногистохимическими методами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2023–2024 годах исследовали группу коров ($n = 10$) голштинизированной черно-пестрой породы с живой массой 650...700 кг и среднегодовой молочной продуктивностью 13300 кг. Объект изучения – плацента коров, не отделившаяся в течение 12 ч с момента выведения плода. Образцы готовили фрагментами толщиной не менее 5 мм, общей площадью до 3 см². Затем их помещали в раствор нейтрального 10% забуферного формалина для фиксации. Обезвоживание материала проводили в батарее восходящих спиртов – 70, 80, 90 и 100%, по 30 мин. в изопропиловом спирте. Уплотняли в двух сериях парафина по 60 мин. Гистологические срезы изготавливали на ротационном микротоме «Ротмик-2» (Россия) толщиной 4 мкм, которые впоследствии окрашивали гематоксилином Джилла-эозином, по Маллори общепринятыми методиками. Изучали гистологические препараты под светоптическим микроскопом Микмед-5 ЛОМО. Микрофотографирование выполняли цифровой камерой Touptek Photonic FMA050 (США). Окуляр-микрометром (МОВ-15) измеряли высоту эпителия крипт, а с помощью морфометрической сетки определяли относительную площадь ворсин аллантохориона, соединительной ткани и эпителия крипт в карункулах. Парафиновые срезы образцов плаценты толщиной 5 мкм, подлежащих иммуногистохимическому исследованию, монтировали на стекла, обработанные поли-L-лизин (Menzel). Для блокирования эндогенной пероксидазы срезы после депарафинизации инкубировали 20 мин. в 3% перекиси водорода. Постановку иммуногистохимических реакций проводили в пероксидаза-полимерной системе визуализации согласно инструкции производителя (Lab Vision, Thermo). Использовали антитела: Recombinant Bovine anti-MMP-1, Recombinant Bovine anti-MMP-2, Recombinant Bovine anti-MMP-3, Recombinant Anti-MMP-9 antibod. Демаскировку антигенов осуществляли кипячением срезов при 100°C в цитратном буфере в течение 10 мин., pH = 6,0. Пероксидазу проявляли 3-3-диаминобензидином из набора протокола. На заключительном этапе ре-

акции срезы докрашивали гематоксилином Майера. При статистической обработке применяли программу STATISTICA (StatSoft Inc., США, версия 7.0) адаптированную к ПК Microsoft Excel 2020 SPSS 10.0.5 for Windows.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуя аллантохорион плодных оболочек у коров, установили, что интраэпителиально расположенные капилляры были приближены к эпителию маточной крипты, их количество при нормальных родах на единицу площади составило $0,7 \pm 0,18$, с увеличением числа капилляров терминальных ворсин ($3,7 \pm 0,73$) в 13 раз и более, чем при задержании последа (табл. 1).

При задержании последа в эпителиоцитах крипт карункулов на единицу площади материнской части плаценты было больше белковых субстанций и капилляров, по сравнению с нормальными родами. Маточный эпителий имеет кубическую форму, слущен, цитоплазма его светлее окрашивается (рис. 1).

Ядра клеток цитотрофобласта среднего и крупного размера, округло-овальной формы, нормохромные с одним-двумя средними и мелкими нуклеолами, гигантских двух- и трехъядерных гибридных клеток (рис. 1).

Фрагменты выстилки крипт карункула, окрашенные гематоксилином-эозином, имеют хорошо выраженную соединительнотканную основу, характеризующуюся диффузным реактивным фиброзом (табл. 2).

Количество диплокариоцитов на единицу площади аллантохориона коров при нормальных родах составило $8,5 \pm 2,1$ и превысило число гигантских двуядерных

Таблица 1.
Цифровая структура капиллярной сети крипт карункулов и аллантохориона котиледонов в норме и при задержании последа (сетка Автандилова = 0,0073 мм)

Количество капилляров, мм ²	Роды	
	нормальные	осложненные задержанием последа
в крипах карункулов	$0,7 \pm 0,18$	$3,4 \pm 0,72, p < 0,001$
в ворсинах аллантохориона котиледона	$2,5 \pm 0,14$	$0,13 \pm 0,07, p < 0,001$

Таблица 2.
Структурно-клеточная организация эндометриальной выстилки крипт карункулов и аллантохориона трофобластических ворсин котиледонов в норме и при задержании последа (сетка Автандилова = 0,0073 мм)

Количество, кл/мм ²	Роды	
	нормальные	осложненные задержанием последа
Диплокариоциты	$8,5 \pm 2,13$	$2,8 \pm 0,84, p < 0,001$
Эпителиоциты	$6,5 \pm 1,91$	$15,5 \pm 3,53, p < 0,001$

клеток при задержании последа ($2,8 \pm 0,84$, $p < 0,001$). Среди клеток трофобласта обнаружены двуядерные и гибридные трехядерные. Выявлены участки скопления диплокариоцитов в криптах карункулов материнской части плаценты.

Ворсины аллантохориона состоят из рыхлой волокнистой соединительной ткани с фокусами миксоидного строения и обильной васкуляризацией. В некоторых ворсинах аллантохориона котиледонов было разрыхление стромы и незначительный ее отек.

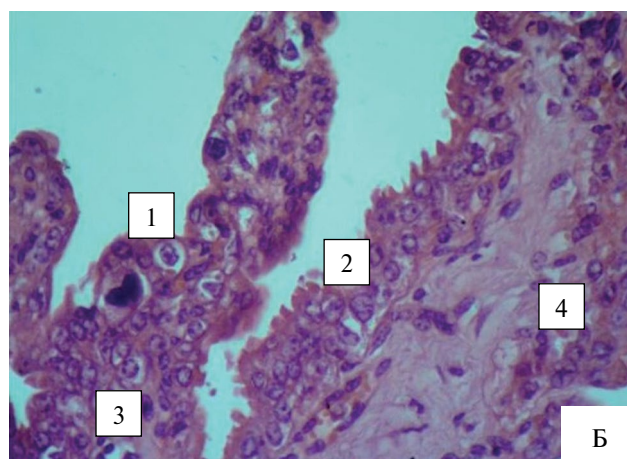
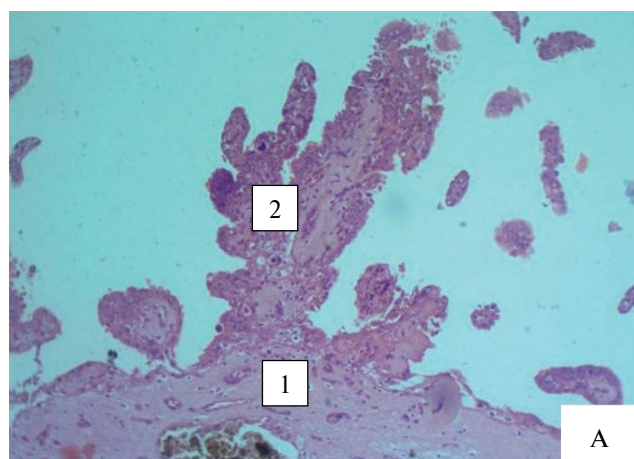
В эпителиальных клетках и стромальных криптах карункулов отмечается выраженная экспрессия MMP-1 (рис. 2). Установлено наличие распределения металлопротеиназы типа MMP-1 в морфологически измененных криптах материнской части плаценты. Активность MMP-2 особенно четко прослеживалась только вокруг сосудов ворсин аллантохориона фетальной части плаценты (рис. 3). MMP-3 распределяются в основном в эпителиоцитах крипты карункулов (рис. 4).

При окраске ворсин аллантохориона по Маллори отмечается диффузное тонкое фибриллярное окрашивание коллагена в составе крипты карункула и выраженное диффузное окрашивание ядерного материала клеточного компонента. Выявляется резкое цитоплазматическое набухание и вакуолизация эпителиальных клеток, субэпителиальный отек соединительной ткани. Иммунолокализация металлопротеиназы матриксной MMP-9 активно проявлялась в цитоплазме синцитиотрофобласта (1) и трофобласта (2), за исключением гигантских двуядерных клеток (рис. 5А). Слабовыраженная реакция MMP-9 отмечалась в цитоплазме эпителиоцитов крипты карункулов материнской части плаценты. Остаточное скопление данного типа металлопротеиназы было зафиксировано в деградируемых криптах (1) материнской части плаценты, а также вокруг сосудов (2) (рис. 5Б).

В научной литературе за последние годы приведены многочисленные доказательства того, что для внутриутробного развития плода необходимо стабильное равновесие и соотношение различных типов матриксных металлопротеиназ, а также их белковых ингибиторов. Отечественные и зарубежные авторы в своих исследованиях неоднократно указывали на чрезмерную активность матриксных металлопротеиназ, которые на последних сроках беременности непосредственно перед родами и действии других внешних факторов способствуют деградации внутриклеточного матрикса материнской части плаценты, что провоцирует репродуктивную патологию в последующем. [2, 10, 12, 13] Отсутствие или снижение экспрессии MMP может быть результатом неонатальных заболеваний новорожденных. При изучении в плацентах коров с нормальными родами и задержанием последа с помощью иммуногистохимического метода установлено, что содержание тканевого ингибитора визуально идентично соответствующей металлопротеиназе как в норме, так и при задержании последа. Косвенно это может указывать на нарушение целостности клеточных мембран. Металлопротеиназы имели практически идентичную локализацию в клетках аллантохориона, которая была получена в наших исследованиях у коров, несмотря на кардинально различный тип плацентации, что не характерно для металлопротеиназ

типов 1, 2, 3 и 9, так как они обладают специфической клеточной экспрессией. Отдельными авторами было показано, что металлопротеиназа типа 1, ответственная за активность коллагеназ и фибробластов, способна деградировать фибриллярные коллагены основных типов компонента мезенхимального слоя материнских крипт. [7, 16] По другим данным, металлопротеиназы типов 3 и 9 — ключевые в ремоделировании фибриллярных коллагенов, которые локализуются преимущественно в базальной мембране крипты карункулов. [4, 11, 13, 15] На фето-материнском интерфейсе основные морфологические характеристики своевременного отделения плодных оболочек — истончение материнского карункулярного эпителия и снижение количества фетальных двуядерных гигантских клеток трофобласта. [17]

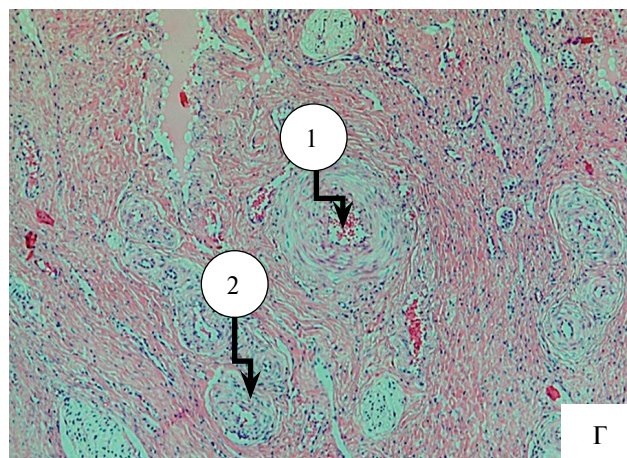
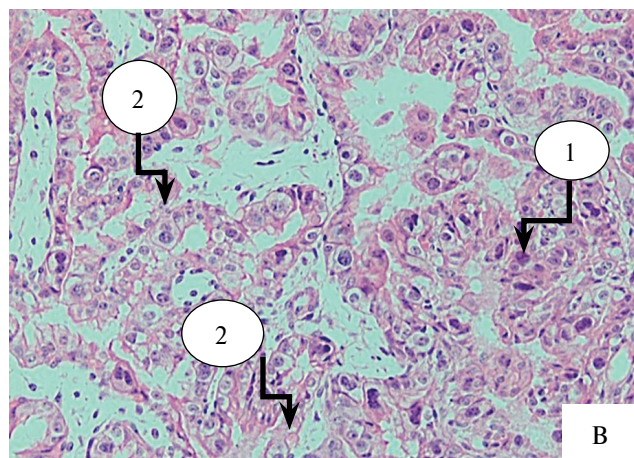
Выводы. Установлено, что трофобластическая выстилка ворсин аллантохориона, сгруппированных в котиледоны, представлена несколькими типами клеток, находящимися на различных стадиях дифференцировки: столбчатые, преддиплокариоциты и диплокариоциты. Количество диплокариоцитов с характерной поверхностью на ворсинах аллантохориона котиледонов в норме составляет $7,3 \pm 1,24$ и уменьшается при задержании последа до $2,3 \pm 0,85$. Интенсивность глюкозамингликанов снижена в 3,5 раза в плаценте коров, при задержании последа. В строме ворсин котиледонов увеличивается число коллагеновых волокон и фибробластов на единицу площади карункула. Гистоструктура плаценты при нормальных родах характеризовалась свободным расположением ворсин аллантохориона в криптах карункулов формируемых ответвлениями маточных крипт. MMP-1 и MMP-3 распределяются в основном в эпителиоцитах крипты карункулов, MMP-2 и MMP-9 — в эпителиальных клетках ворсин аллантохориона. Это может быть обусловлено тем, что у коров для установления более плотного контакта между фетальной и материнской частями плаценты возникает адаптационная необходимость активации фибриллярных коллагеновых волокон котиледона. Иммунолокализация, характерная для MMP-2 и MMP-9, позволяет предположить синергетическое участие данных металлопротеиназ на последних сроках беременности и особенно в период родов. Выраженное ремоделирование внеклеточного матрикса матки происходит на последних сроках беременности и во время родов. Несбалансированная доступность ключевых медиаторов деградации внеклеточных матриксов, а именно матриксных металлопротеиназ (MMP_s), вовлечена в патогенез задержания последа у коров. Таким образом, MMP-2 и MMP-9 локализуются в котиледонах фетальной части плаценты и обеспечивают отделение плодных оболочек плода от эндометрия у крупного рогатого скота. Полученные нами материалы подтверждают гипотезу о том, что высокая активность матриксных металлопротеиназ в структуре фетальной части плаценты у коров при задержании последа — маркер деградации компонентов внутриклеточного матрикса. Доказательная база может быть основанием при разработке ИФА-теста для прогноза осложнений завершения стельности на последних сроках гестации, родильного пареза, задержания последа у коров и заболеваний после отела.



Нормальные роды

А: Капиллярная сеть крипт карункулов и аллантохориона (1 — капилляры; 2 — ГАГ).

Б: 1 — терминальные ворсины; 2 — ШИК- положительные компоненты в строме маточных крипт; 3 — ШИК в цитоплазме клеток Кашенко-Гофбауэра; 4 — маточные крипты, разделяющие ворсины хориона.



Задержание последа

В: 1 — набухание и расплавление коллагеновых волокон фрагмента крупной маточной септы;

2 — аморфная структура межучточного вещества, представленного нейтральными ГАГ.

Г: 1 — набухание коллагеновых волокон крупной маточной септы; 2 — дезорганизация кислых ГАГ в центральной части стволовой ворсины.

Рис. 1. Структурно-клеточная организация трофобластической выстилки крипт карункулов и аллантохориона ворсин котиледонов в норме и при задержании последа. А, В — ШИК реакция по Мак-Манусу; трихромная окраска по Masson; окраска альциановым синим по Сиддлену; Б, Г — окраска гематоксилином и эозин-флюксинном; PAS-реакция по Мак-Манусу. Здесь и в рис. 2—5 докраска гематоксилином Майера, общее увеличение $\times 200$.

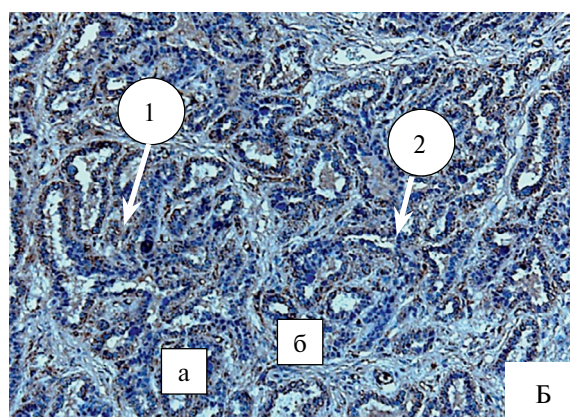
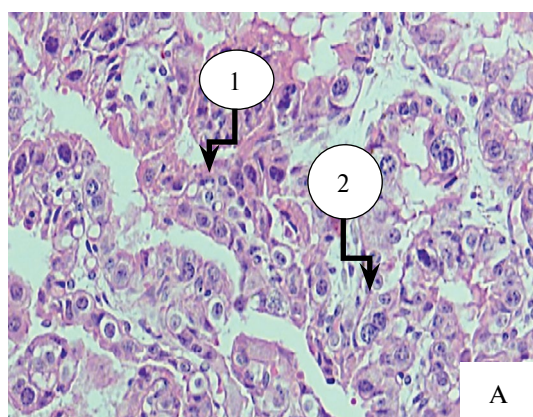


Рис. 2. Иммунолокализация MMP-1 пролиферации клеток «плацентомы» ПАП-метод. А — нормальные роды:

1 — локализация MMP-1 в крипте; 2 — синцитиотрофобласте. Антитела к MMP-1.

Б — задержание последа: 1 — локализация MMP-1 в клетках крипт; 2 — пространстве крипт и ворсин. Антитела к MMP-1: а — вакуолярная дистрофия клеток эпителия крипт карункула; б — кровенаполнение сосудов крипты карункула.

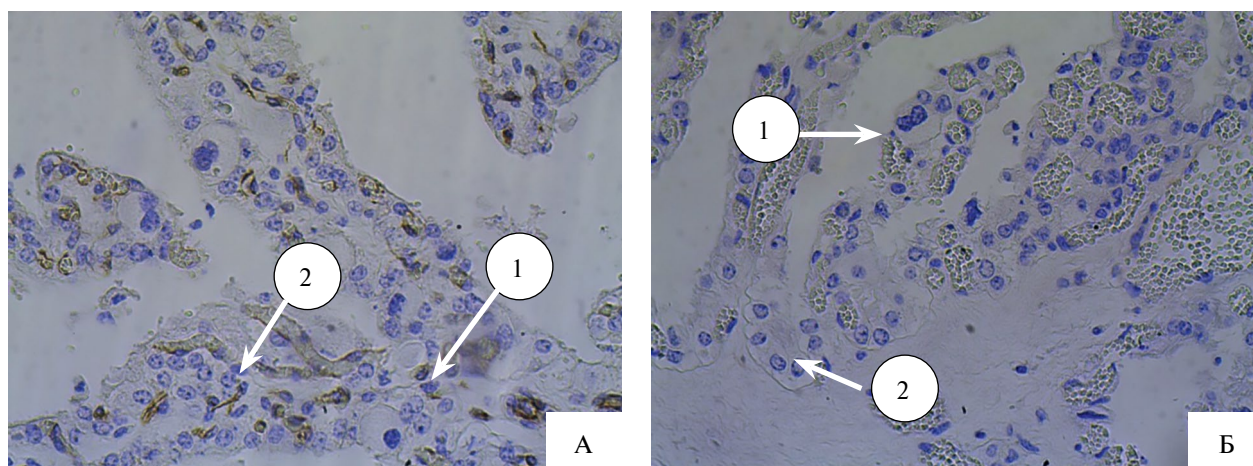


Рис. 3. Иммунолокализация MMP-2 пролиферации клеток плаценты ПАП-метод.

А – нормальные роды: 1 – локализация MMP-2 в крипте; 2 – синцитиотрофобласте. Антитела к MMP-2.
Б – задержание последа: 1 – локализация MMP-2 в энителиальных клетках крипт; 2 – криптах и ворсинах. Антитела к MMP-2.

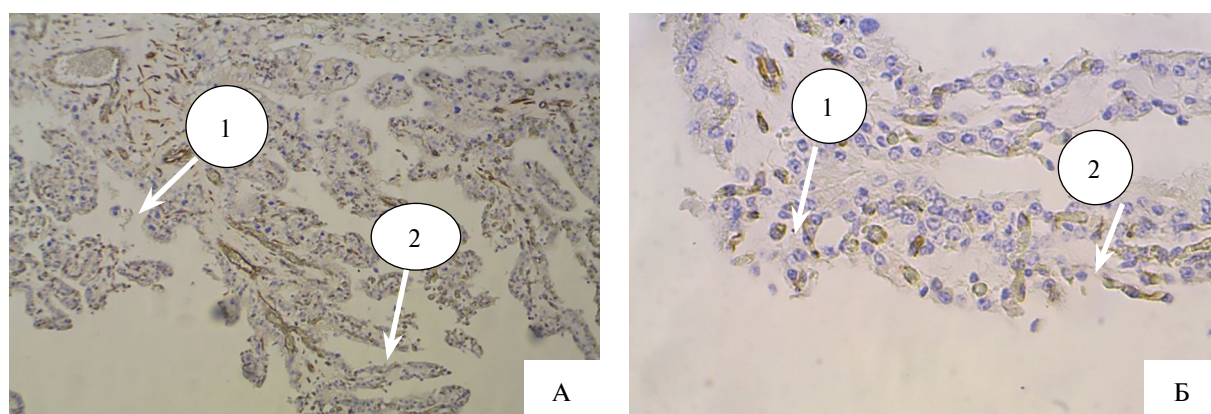


Рис. 4. Иммунолокализация MMP-3 пролиферации клеток плаценты.

А – нормальные роды: 1 – локализация MMP-3 в крипте; 2 – синцитиотрофобласте. Антитела к MMP-3.
Б – задержание последа: 1 – локализация MMP-3 в энителиальных клетках крипт;
2 – криптах и ворсинах. Антитела к MMP-3.

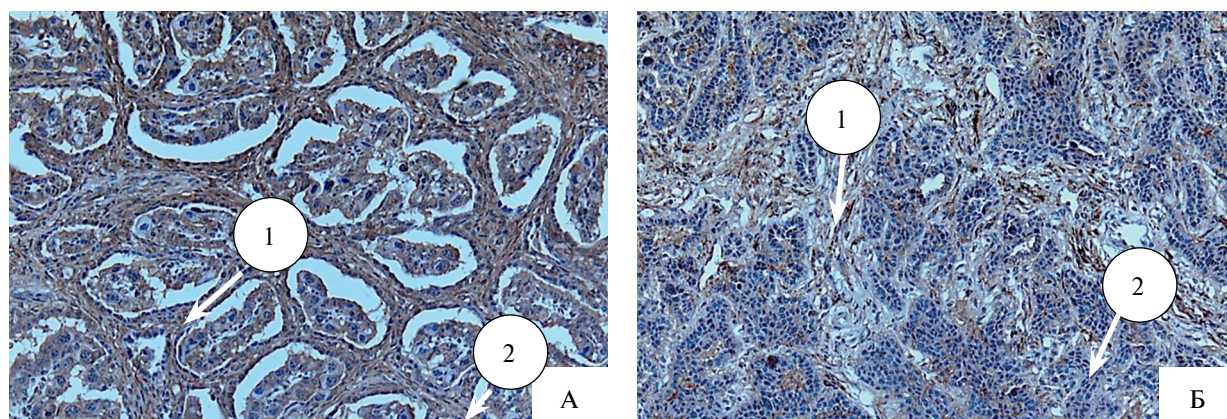


Рис. 5. Иммунолокализация MMP-9 пролиферации клеток плаценты ПАП-метод.

А – нормальные роды: 1 – локализация MMP-9 в крипте; 2 – локализация MMP-9 в синцитиотрофобласте. Антитела к MMP-9.
Б – задержание последа: 1 – локализация MMP-9 в энителиальных клетках крипт; 2 – локализация MMP-9 в пространстве крипт и ворсин. Антитела к MMP-9.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Евлевский А.А. Аспекты развития метаболического ацидоза и кетоацидоза у коров в промышленном животноводстве // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 71–75. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/3/71-75>
2. Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т., Ключникова Е.М. Эффективность применения акантопанакса для профилактики яловости коров // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 91–94. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/91-94>
3. Родин И.А., Седов А.В., Капустин А.В. и др. Распространенность и этиологические факторы, обуславливающие задержание плодных оболочек у коров // Siberian Journal of Life Sciences and Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 4. С. 144–158.
4. Breda F.L., Manchado-Gobatto F.B., de Barros Sousa F.A. et al. Complex networks analysis reinforces centrality hematological role on aerobic–anaerobic performances of the Brazilian Paralympic endurance team after altitude training // Scientific Reports. 2022. Vol. 7. No. 12. PP. 114–120.
5. Davenport K.M., Ortega M.S., Johnson G.A., Seo H. Implantation and placentation in ruminants // Animal. 2023. Vol. 17. No. 5. PP. 180–196. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100796>.
6. Davenport K.M., O’Neil E.V., Ortega M.S. et al. Single-cell insights into development of the bovine placenta // 2024. Vol. 110. No. 1. PP. 169–184. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioad123>
7. Hooshmandabbasi R., Zerbe H., Bauersachs S. et al. Pregnancy-associated glycoproteins in cows with retained fetal membranes // Theriogenology. 2018. Vol. 105. PP. 158–163.
8. Johnson Gregory A., Bazer Fuller W., Heewon Seo et al. Understanding placentation in ruminants: a review focusing on cows and sheep Reprod Fertil Dev. 2023. Vol. 36. No. 2. PP. 93–111. <https://doi.org/10.1071/RD23119>
9. Kamada H., Matsui Y. Twelve-oxoeicosatetraenoic acid-induced fetal membrane release improves postpartum ovarian function, milk production, and blood plasma biochemical parameters in cows // Animal bioscience. 2023. Vol. 36. No. 9. PP. 137–146. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0443>
10. Lean I.J., LeBlanc S.J., Sheedy D.B. et al. Associations of parity with health disorders and blood metabolite concentrations in Holstein cows in different production systems // J Dairy Sci. 2023. Vol. 106. No. 1. PP. 500–518. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21673>
11. Sarli G., Castagnetti C., Bianco C. et al. Canine placenta histological findings and microvascular density: the histological basis of a negative neonatal outcome? // Animals. 2021. Vol. 11. No. 5. PP. 1418–1400. <https://doi.org/10.3390/ani11051418>
12. Scariot C.A., Scariot J., de Souza Ramos I.A. et al. Bovine anaplasmosis as a risk factor for retained placenta, mastitis, and abomasal displacement in dairy cattle // Res Vet Sci. 2023. Vol. 154. PP. 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.12.011>
13. Scariot P.P., Gobatto C.A., Polisel E.E. et al. Early-life mice housed in standard stocking density reduce the spontaneous physical activity and increase visceral fat deposition before reaching adulthood // Laboratory Animals. 2022. Vol. 4. No. 4. PP. 234–247.
14. Scariot P.P., Manchado-Gobatto F.B., Beck W.R. et al. Monocarboxylate transporters (MCTs) in skeletal muscle and hypothalamus of less or more physically active mice exposed

to aerobic training Life Sciences. 2022. Vol. 1. No. 307. PP. 120–128.

16. Pereira K.H.N.P., Lourenço M.L. Reanimação neonatal de cães e gatos ao nascimento // Rev Bras Reprod Anim. 2022. Vol. 46. P. 3–16. <https://doi.org/10.3390/ani12233426>
17. Tanner A.R., Kennedy V.C., Lynch C.S. et al. In vivo investigation of ruminant placenta function and physiology // Journal of animal science. 2022. Vol. 100. No. 6. PP. 1023–1043. <https://doi.org/10.1093/jas/skac045>

REFERENCES

1. Evglevskij A.A. Aspekty razvitiya metabolicheskogo acidoza i ketoacidoza u korov v promyshlennom zhivotnovodstve // Vestnik Rossijskoj sel’skhozajstvennoj nauki. 2022. № 3. S. 71–75. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/3/71-75>
2. Klyuchnikova N.F., Klyuchnikov M.T., Klyuchnikova E.M. Effektivnost’ primeneniya akantopanaksa dlya profilaktiki yalovosti korov // Vestnik Rossijskoj sel’skhozajstvennoj nauki. 2023. № 6. S. 91–94. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/91-94>
3. Rodin I.A., Sedov A.V., Kapustin A.V. i dr. Rasprostranennost’ i etiologicheskie faktory, obuslavlivayushchie zaderzhanie plodnyh obolochek u korov // Siberian Journal of Life Sciences and Sciences and Agriculture. 2021. T. 13. № 4. S. 144–158.
4. Breda F.L., Manchado-Gobatto F.B., de Barros Sousa F.A. et al. Complex networks analysis reinforces centrality hematological role on aerobic–anaerobic performances of the Brazilian Paralympic endurance team after altitude training // Scientific Reports. 2022. Vol. 7. No. 12. PP. 114–120.
5. Davenport K.M., Ortega M.S., Johnson G.A., Seo H. Implantation and placentation in ruminants // Animal. 2023. Vol. 17. No. 5. PP. 180–196. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100796>.
6. Davenport K.M., O’Neil E.V., Ortega M.S. et al. Single-cell insights into development of the bovine placenta // 2024. Vol. 110. No. 1. PP. 169–184. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioad123>
7. Hooshmandabbasi R., Zerbe H., Bauersachs S. et al. Pregnancy-associated glycoproteins in cows with retained fetal membranes // Theriogenology. 2018. Vol. 105. PP. 158–163.
8. Johnson Gregory A., Bazer Fuller W., Heewon Seo et al. Understanding placentation in ruminants: a review focusing on cows and sheep Reprod Fertil Dev. 2023. Vol. 36. No. 2. PP. 93–111. <https://doi.org/10.1071/RD23119>
9. Kamada H., Matsui Y. Twelve-oxoeicosatetraenoic acid-induced fetal membrane release improves postpartum ovarian function, milk production, and blood plasma biochemical parameters in cows // Animal bioscience. 2023. Vol. 36. No. 9. PP. 137–146. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0443>
10. Lean I.J., LeBlanc S.J., Sheedy D.B. et al. Associations of parity with health disorders and blood metabolite concentrations in Holstein cows in different production systems // J Dairy Sci. 2023. Vol. 106. No. 1. PP. 500–518. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21673>
11. Sarli G., Castagnetti C., Bianco C. et al. Canine placenta histological findings and microvascular density: the histological basis of a negative neonatal outcome? // Animals. 2021. Vol. 11. No. 5. PP. 1418–1400. <https://doi.org/10.3390/ani11051418>
12. Scariot C.A., Scariot J., de Souza Ramos I.A. et al. Bovine anaplasmosis as a risk factor for retained placenta, mastitis, and abomasal displacement in dairy cattle // Res Vet Sci. 2023. Vol. 154. PP. 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.12.011>
13. Scariot P.P., Gobatto C.A., Polisel E.E. et al. Early-life mice housed in standard stocking density reduce the spontane-

- ous physical activity and increase visceral fat deposition before reaching adulthood // *Laboratory Animals*. 2022. Vol. 4. No. 4. PP. 234–247.
14. Scariot P.P., Manchado-Gobatto F.B., Beck W.R. et al. Monocarboxylate transporters (MCTs) in skeletal muscle and hypothalamus of less or more physically active mice exposed to aerobic training *Life Sciences*. 2022. Vol. 1. No. 307. PP. 120–128.
15. Pereira K.H.N.P., Lourenço M.L. Reanimação neonatal de cães e gatos ao nascimento // *Rev Bras Reprod Anim*. 2022. Vol. 46. P. 3–16. <https://doi.org/10.3390/ani12233426>
16. Tanner A.R., Kennedy V.C., Lynch C.S. et al. In vivo investigation of ruminant placenta function and physiology // *Journal of animal science*. 2022. Vol. 100. No. 6. PP. 1023–1043. <https://doi.org/10.1093/jas/skac045>

Поступила в редакцию 25.04.2024

Принята к публикации 09.05.2024

УДК 636.2.034

DOI: 10.31857/S2500208224050201, EDN: zrsher

ПОДХОДЫ В ОЦЕНКЕ И СОХРАНЕНИИ ГЕНОФОНДА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ*

Валентин Петрович Прожерин, доктор сельскохозяйственных наук

Ия Витальевна Селькова, старший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

E-mail: selkova2458@bk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты мониторинговых иммуногенетических исследований по происхождению животных холмогорской породы крупного рогатого скота для установления их породного генетического паспорта по ЕАВ-локусу групп крови. Отмечена важность определения статуса племенных животных с учетом форм выявленного состояния эритроцитарных антигенов для регистрации в федеральной государственной информационно-аналитической системе племенных ресурсов РФ. В племенных хозяйствах Архангельской области за последние 29 лет общее число протестированных на достоверность происхождения составило 57311 голов. Процент достоверности у подконтрольного поголовья стад варьировал от 86,95 (1995–2000 годы) до 97,28% (2016–2020). Чтобы составить генетический паспорт племенных женских особей породы, имеющих кровность до 75% по голштинам, допущенным для селекционных целей при работе с холмогорским скотом, мы провели иммуногенетическое тестирование, которое выявило 46 аллелей ЕАВ-локуса. Суммарная частота аллелей ЕАВ-локуса у животных первой и второй групп со специфическими (типичные) для холмогорской породы и с уникальными аллелями — 69,38%. В третьей группе животных с аллелями допущенной голштинской породы суммарная частота на уровне 30,6%, в четвертой группе с аллелями по недопущенным породам — 0,02%. Концентрация аллелей G_2O_2 , B_2O_2 , $B_2G_2KA'B'G'O'G''$, $B_2E'_2G'$, $B_2O_2Y_2D'$, Q очень низкая, они встречаются только у отдельных особей. Степень гомозиготности (теоретическая) — 5,6%, количество эффективных аллелей — 17,9.

Ключевые слова: Архангельская область, холмогорская порода крупного рогатого скота, мониторинг, аллели ЕАВ-локуса групп крови, гомозиготность, суммарная частота встречаемости аллелей

ASSESSMENT AND PRESERVATION OF THE GENE POOL OF THE DOMESTIC KHOLMOGORSK CATTLE BREED IN THE ARKHANGELSK REGION

V.P. Prozherin, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

I.V. Selkova, *Senior Researcher*

FECIAR UrB RAS, Arkhangelsk, Russia

E-mail: selkova2458@bk.ru

Abstract. The article presents the results of monitoring immunogenetic studies on the origin of Kholmogory cattle to establish their breed genetic passport for the EAB locus of blood groups. The importance of determining of the breeding animals statute taking into account the forms of the identified state of erythrocyte antigens for the purpose of registration in the federal state information and analytical system of breeding resources of the Russian Federation is noted. In breeding farms of the Arkhangelsk region over the past 29 years, the total number of animals tested for the reliability of origin was 57,311. The percentage of reliability in the monitored livestock numbers varied from 86.95% (1995–2000) to 97.28% (2016–2020). To establish the genetic passport of breeding female tribal species of the breed with up to 75% Holstein bloodline approved for breeding purposes when working with Kholmogory cattle, we conducted immunogenetic testing, which revealed 46 alleles of the EAB locus. The total frequency of the EAB locus alleles in animals of groups 1–2 with specific (typical) for the Kholmogory breed and with unique alleles was 69.38%. In group 3 of animals with alleles of the approved Holstein breed, the total frequency was set at 30.6%, in group 4 with alleles of

* Работа выполнена в рамках НИОКТР FUUW — N2022-0059 «Формирование системы совершенствования и рационального использования отечественных генетических ресурсов пород молочного скота» / The work was carried out within the framework of the FUUW — N2022-0059 R&D center “Formation of a system for improving and rational use of domestic genetic resources of dairy cattle breeds”.

unapproved breeds — 0.02%. It was established that the concentration of alleles G2O2, B2O2, B2G2KA'B'G'O'G'', B2E'2G', B2O2Y2D', Q is very low, they are found only in some individuals. The degree of homozygosity (theoretical) is 5.6%, the number of effective alleles is 17.9.

Keywords: Arkhangelsk region, Kholmogorsky cattle breed, monitoring, alleles of the EAB-locus of blood groups, homozygosity, total frequency of occurrence of alleles

Вопросы сохранности национальных племенных ресурсов приобретают большую значимость. Возможности оценки генетической ситуации в селекции генотипных пород крупного рогатого скота РФ, включая холмогорскую, особенно актуальны. Ведение и перспективы использования базы генетической наследственности и изменчивости создают основу успешной селекции сельскохозяйственных животных в направлении повышения их производительных возможностей.

История создания холмогорской породы началась в XVII веке в Двинском уезде на севере Русского государства. Несмотря на высокую приспособленность животных к разным условиям, при переходе на интенсивные технологии промышленного содержания возникла необходимость улучшить их качества. Требовалось получить животных с приспособленной к машинному доению формой вымени, повысить скорость молокоотдачи и молочную продуктивность. С 1980 года начали использовать быков голштинской породы на холмогорском маточном поголовье. Определяющий фактор по увеличению производства продуктов животноводства — грамотное ведение селекционно-племенной работы со стадом. Племенная работа на современном этапе ее развития все больше выходит на уровень генетического анализа селекционных процессов. Без знания генотипа животного нельзя в полной мере судить о его индивидуальности, наследственности и изменчивости, ориентируясь лишь на фенотип проявления селекционируемых признаков. [1] В 2001 году был официально утвержден тип «Северный» холмогорской породы, полученный прилитием крови голштинского скота. Архангельская популяция племенных животных как основная часть отечественной холмогорской породы представляет особый научный интерес. Большинство хозяйств России переходит на разведение голштинской породы молочного направления продуктивности, более требовательной к условиям кормления и содержания, сокращается доля поголовья отечественных пород, что может привести к их полному исчезновению. Актуально находить способы сохранения ценных наследственных особенностей, характерных для отечественного скота с помощью иммуногенетического мониторинга. [2, 4]

Ведение и перспективы целенаправленного использования базы генетической наследственности и изменчивости обеспечивают успешную селекцию сельскохозяйственных животных в направлении повышения их производительных возможностей. [3]

Признавая и регистрируя новое породное образование как селекционное достижение, целесообразно ввести в качестве обязательного требования — наличие по нему группового генетического паспорта. Наиболее доступный метод его формирования — сводная характеристика аллелофонда систем групп крови подконтрольных животных.

Цель работы — проведение мониторинговых иммуногенетических исследований по происхождению животных холмогорской породы крупного рогатого скота для установления их породного генетического паспор-

та по EAB-локусу групп крови, идентификация племенных животных породы по группам крови с определением их генотипа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Информативная база для проведения аналитических расчетов — данные по аллелофонду локуса EAB, полученные в лаборатории иммуногенетической экспертизы ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН. Объект изучения — женские особи холмогорской породы (чистопородные), принадлежащие племенным хозяйствам Архангельской области (n = 2379). Все животные были с подтвержденным происхождением по отцу и матери. Установлению породного генетического паспорта по EAB-локусу групп крови предшествовали мониторинговые исследования групп крови животных по поколениям. Достоверность происхождения потомков определяли по Й. Матоушеку (1964), аллели выделяли в семейном анализе согласно методикам П.Ф. Сорокового. Показатели, характеризующие иммуногенетическую структуру совокупности подконтрольных животных, рассчитали по методикам, рекомендованным Е.К. Меркурьевой. Полученные данные обрабатывали в Microsoft Excel (2005) с использованием баз данных федеральной системы племенного учета «Селэкс. Молочный скот».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Достоверность происхождения животных необходима для достижения эффективности селекционно-племенной работы. В хозяйствах Архангельской области проверено происхождение 57311 гол. КРС (рис. 1).

Процент достоверности происхождения племенных животных варьирует от 86,95 (1995–2000 годы) до 97,28% (2016–2020). Результаты указывают на высокую культуру ведения зоотехнической работы в селекционируемых стадах (рис. 2).

Генофонд пород не может быть постоянным. Скрещивание, а также возможные мутационные процессы, происходящие внутри популяции, влияют на динамику частоты встречаемости аллелей, вызывают их изменение, дрейф и элиминацию. Масштабная голштинизация холмогорского скота привела к увеличению разнообразия аллелей EAB-локуса групп крови, связанных с улучшающей породой, но многие аллели холмогорской



Рис. 1. Количество протестированных животных за 29 лет.

породы сохранились в популяции. [5] Это стало основой определения своеобразия уникального генофонда отечественной *холмогорской* породы КРС в Архангельской обл.

Были сформированы четыре группы животных в зависимости от характеристики аллелей. В первую вошли животные со специфическими (типичные) аллелями для *холмогорской* породы, вторую — с уникальными *холмогорской* породы, третью — с аллелями допущенной для селекционных целей породы (*голландская*), четвертую — с аллелями по недопущенной породе.

Значения частоты аллелей EAB-локуса групп крови животных представлены на рисунках 3–5.

По четвертой группе животных отмечен единственный аллель $B_2I^*Q^*$, имеющий значение по удельному весу — 0,02%.

На основании проведенных иммуногенетических исследований выявлено 46 аллелей EAB-локуса, суммарная частота аллелей EAB-локуса групп крови первой и второй групп животных составила 69,38%, третьей — 30,6, четвертой — 0,02% (см. таблицу).

Установлено, что концентрация аллелей G_2O_2 , B_2O_2 , $B_2G_2KA^*B^*G^*O^*G^{**}$, $B_2E^*G^*$, $B_2O_2Y_2D^*$, Q очень низкая, они встречаются только у отдельных особей. Данные таблицы указывают на грамотную и целенаправленную работу зоотехнической службы племенных хозяйств привнесено 30,6% генетического материала.

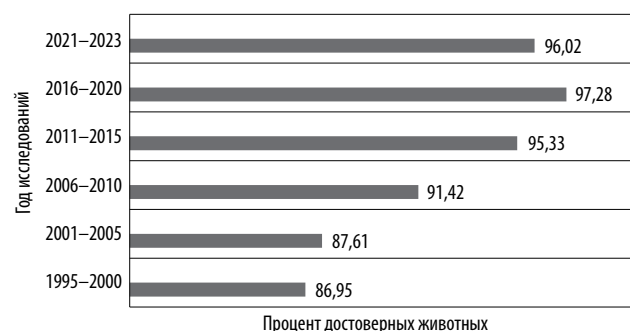


Рис. 2. Показатели достоверности происхождения племенных животных породы за 29 лет, %

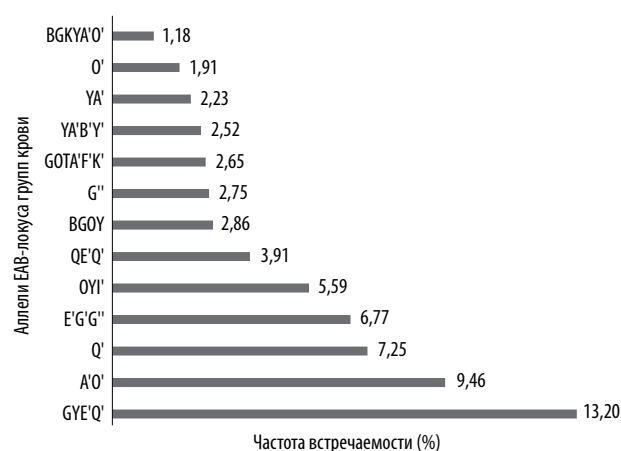


Рис. 3. Значения частоты специфических (типичные) аллелей EAB-локуса групп крови для *холмогорской* породы.

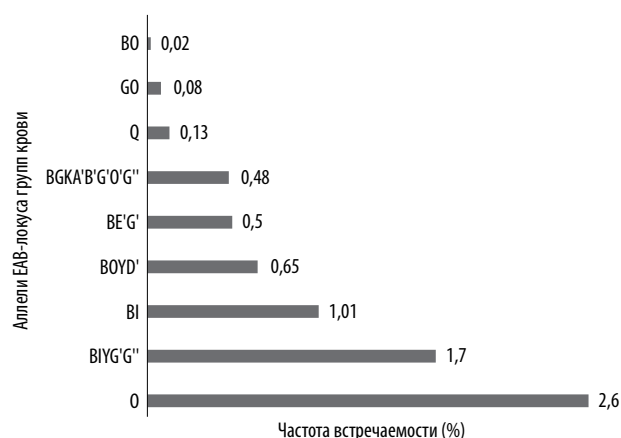


Рис. 4. Значения частоты уникальных аллелей EAB-локуса групп крови у *холмогорской* породы.

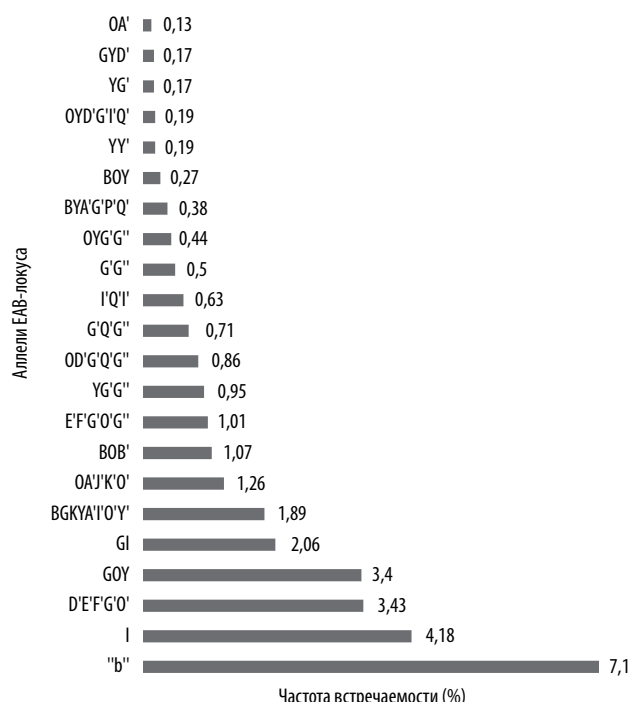


Рис. 5. Значения частоты аллелей EAB-локуса групп крови допущенной (*голландская*) породы.

Мониторинг аллелофонда животных *холмогорской* породы Архангельской обл.

Показатель	Частота аллелей EAB-локуса групп крови, %
Суммарная частота аллелей	
типичных для <i>холмогорской</i> породы	62,2
Суммарная частота уникальных для породы аллелей EAB-локуса	7,18
Суммарная частота аллелей EAB-локуса допущенной (<i>голландская</i>) породы	30,6
Частота аллелей EAB-локуса недопущенной породы	0,02

По состоянию аллелофонда и показателей уровня гомозиготности в стаде можно формировать и поддерживать генетически различающиеся между собой структурные единицы. Численность максимально возможных «гомозиготных» структур в породе можно определить, приняв весь аллелофонд (аллелотип стада) за единицу и разделив на показатель гомозиготности. Результат будет соответствовать эффективным аллелям и отражать состояние гетерозиготности по данному локусу, а по значимости приближаться к категории изогенных «чистых» линий. В этих, искусственно изолируемых подбором единицах, ведется селекция на устойчивое наследование признаков. Степень гомозиготности (теоретическая) составляет 5,6%, количество эффективных аллелей — 17,9.

Выводы. В исследованиях с использованием иммуногенетического мониторинга определен генетический паспорт *холмогорской* породы крупного рогатого скота по EAV-локусу групп крови, который позволит устанавливать в подконтрольных популяциях племенных животных наличие генетических ресурсов старейшей генофондной породы КРС России.

Поголовье *холмогорской* породы архангельской популяции, полученное от поглотительного скрещивания, по аллелофонду неуклонно трансформируется в *голштинскую*. В результате узкий генеалогический спектр улучшающей породы переносится в племенную часть *холмогорской*. Поэтому необходимо поддержание численности линий и семейств породы с помощью генетических маркеров. Это позволит избежать негативных последствий родственных спариваний, а также обеспечит нивелирование возможного нарастания в селектируемых стадах породы уровня гомозиготности, последствия которого аналогичны прямому инбридингу. Применение данного способа идентификации племенных ресурсов возможно и для других малочисленных или исчезающих пород крупного рогатого скота РФ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Ильина А.В., Муштукова Ю.В., Хуртина О.А. Генетическая оценка состояния популяционного генофонда крупного рогатого скота ярославской породы в ОАО «Михайловское» Ярославского района // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. № 3 (27). С. 39–42.

- Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е., Багиров В.А. и др. Эффективность мониторинга групп крови на этапах сычевской породы крупного рогатого скота в Смоленской области // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 44–46.
- Коновалов А.В., Ильина А.В., Хуртина О.А., Зверева Е.А. Иммуногенетические маркеры популяции крупного рогатого скота ярославской породы // Интенсивные технологии производства продукции животноводства: Сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Пенза. РИО ПГСХА, 2015. С. 28–32.
- Марзанова Л.К., Попов Н.А. Контроль за генетической изменчивостью в стадах молочных пород // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 16–18. <https://www.doi.org/10.25632/MMS.2018.75.35.004>
- Новиков А.А., Хрунова А.И., Рыжова Н.Г. Влияние голштинизации скота холмогорской породы на частоты встречаемости аллелей EAV-локуса групп крови. Сб. ст. X Междунар. науч.-практ. Конф., посвященной 180-летию со дня рождения Н.В. Верещагина. Тверь, С. 136–139.

REFERENCES

- Il'ina A.V., Mushtukova Yu.V., Hurtina O.A. Geneticheskaya ocenka sostoyaniya populyacionnogo genofonda krupnogo rogatogo skota yaroslavskoj porody v ОАО «Mihajlovskoe» Yaroslavskogo rajona // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2014. № 3 (27). S. 39–42.
- Kol'cov D.N., Gontov M.E., Bagirov V.A. i dr. Effektivnost' monitoringa grupp krovi na etapah sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota v Smolenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T. 29. № 9. S. 44–46.
- Konovalov A.V., Il'ina A.V., Hurtina O.A., Zvereva E.A. Immunogeneticheskie markery populyacii krupnogo rogatogo skota yaroslavskoj porody // Intensivnye tekhnologii proizvodstva produkci zhivotnovodstva: Sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Penza. RIO PGSHA, 2015. S. 28–32.
- Marzanova L.K., Popov N.A. Kontrol' za geneticheskoy izmenchivost'yu v stadah molochnyh porod // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 8. S. 16–18. <https://www.doi.org/10.25632/MMS.2018.75.35.004>
- Novikov A.A., Hrunova A.I., Ryzhova N.G. Vliyanie golshtinizacii skota holmogorskoj porody na chastoty vstrechaemosti allelej EAV-lokusa grupp krovi. Sb. st. X Mezhdunar. nauch.-prakt. Konf., posvyashchennoj 180-letiyu so dnya rozhdeniya N.V. Vereshchagina. Tver', S. 136–139.

Поступила в редакцию 06.05.2023
Принята к публикации 20.05.2023

СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

Григорий Александрович Иовлев, кандидат экономических наук
Татьяна Борисовна Попова, кандидат физико-математических наук

Ирина Игоревна Голдина

Анатолий Георгиевич Несговоров

Уральский государственный аграрный университет, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке развития российского рынка сельскохозяйственной техники (СХТ) за последние десять лет. Представлен анализ производства основных видов СХТ, динамика рынка, изменение его структуры, объемы приобретения сельхозтоваропроизводителями. Приведены основные технико-экономические показатели реализуемых сельскохозяйственных тракторов. Произведены расчеты эксплуатационных свойств (производительность, расход топлива) у тракторов аналогичных тяговых классов Беларус и китайского производства. На основании корреляционного анализа проверена взаимосвязь и направленность показателей: коэффициентов обновления, выбытия и наличия парка сельскохозяйственной техники; приобретения СХТ и коэффициентов обновления и выбытия; приобретения СХТ и наличия сельскохозяйственной техники в сельхозорганизациях. Установлена сильная взаимосвязь между показателями «приобретение СХТ» и «наличие в сельскохозяйственных организациях» (коэффициент корреляции $r = 0,676 - 0,99$), значительная между «коэффициентом выбытия» и «наличием комбайнов» (r от $-0,588$ до $-0,664$), «приобретением тракторов» и «коэффициентом выбытия» ($r = -0,445$), практически отсутствует между «приобретением тракторов» и «наличием тракторов» ($r = -0,06$), «коэффициентом обновления» и «наличием зерноуборочных комбайнов» ($r = -0,183$), «приобретением кормоуборочных комбайнов» и «коэффициентом выбытия» ($r = -0,187$). При анализе эксплуатационных свойств выявлено, что китайские тракторы, представленные на рынке сельскохозяйственной техники, составят значительную конкуренцию тракторам Беларус.

Ключевые слова: направления развития, сельхозмашиностроение, себестоимость, государственная поддержка, сельхозпродукция, производство, обеспеченность, нормативы потребности, отпускная цена, приобретение

THE STATE OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL MACHINERY MARKET UNDER SANCTION PRESSURE CONDITIONS

G.A. Iovlev, PhD in Economic Sciences

T.B. Popova, PhD in Physical and Mathematical Sciences

I.I. Goldina

A.G. Nesgovorov

Ural State Agrarian University, Russian Federation, Ekaterinburg, Russia

E-mail: gri-iovlev@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to assessing the development of the Russian market of agricultural machinery (AHT) over the past 10 years. An analysis of the production of the main types of agricultural products, market dynamics, changes in market structure, volumes of purchases by agricultural producers, and the presence of agricultural products in Russian agriculture are presented. For a comparative analysis of the agricultural tractors being sold, their main technical and economic indicators are presented. Calculations were made of the main operational properties (performance, fuel consumption) of tractors of similar traction classes of the Belarus family and Chinese-made tractors presented on the Russian market. Based on correlation analysis, the relationship and direction of indicators were verified: renewal rates, retirement rates and the availability of a fleet of agricultural machinery; acquisition of agricultural equipment and renewal and disposal rates; acquisition of agricultural equipment and availability of agricultural machinery in agricultural organizations. Quite a strong relationship between the indicators: "purchase of agricultural products" and "availability in agricultural organizations" (correlation coefficient $r = 0.676 - 0.99$), a significant relationship between the indicators: "retirement rate" and "availability of combine harvesters" (correlation coefficient r from -0.588 to -0.664), "purchase of tractors" and "disposal coefficient" — $r = -0.445$, there is practically no relationship between the indicators: "purchase of tractors" and "availability of tractors" — $r = -0.06$, "renewal coefficient" and "availability grain harvesters" — $r = -0.183$, "purchase of forage harvesters" and "disposal rate" — $r = -0.187$. When analyzing the performance properties determined in this study, it was revealed that Chinese tractors presented on the agricultural machinery market will provide significant competition to tractors of the Belarus family.

Keywords: directions of development, agricultural engineering, cost, government support, agricultural products, production, security, demand standards, selling price, purchase

Из-за сложившейся международной обстановки кардинально меняется ситуация с производством сельскохозяйственной техники (СХТ) в России и формированием рынка ее основных видов. Потребность в СХТ у сельхозтоваропроизводителей остается на высоком уровне. Учеными выявлено, что обеспеченность

тракторами составляет 54,3% (со сроком эксплуатации более десяти лет используется от 45 до 51%, коэффициент обновления — 2,4...3,3%, выбытия — 3,7...4,9%), зерноуборочными комбайнами — 27,1 (в эксплуатации более десяти лет — 49,4%, коэффициент обновления — 3,0...4,7%, при практическом отсутствии списания);

кормоуборочными комбайнами — 42,1% (коэффициент выбытия — 6,2%, обновления — 3,6%, эксплуатация комбайнов старше десяти лет — 51,6%). Это данные 2023 года по одному из регионов Уральского федерального округа.

По всем направлениям (обеспеченность, обновление, выбытие, эксплуатация техники старше десяти лет) необходимо развитие российского рынка СХТ.

Цель работы — проанализировать состояние российского рынка сельскохозяйственной техники в условиях санкционного давления, сравнить эксплуатационные свойства тракторов китайского производства, заменяющих аналоги европейского и американского.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Приведены статистические данные Российской Федерации по производству сельскохозяйственной техники, ее приобретению, наличию в сельскохозяйственных организациях и других формах собственности, структуре и объему рынка СХТ. В работе использованы результаты исследований по сравнению эксплуатационных свойств тракторов Беларус и Zoomlion.

Применены методы: экономико-статистический, нормативный, расчетный, сравнения, экономико-математический, прогнозирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие рынка необходимо рассматривать по нескольким направлениям: во-первых, усовершенствование отечественного сельхозмашиностроения, начиная с самоходной техники (тракторы, зерно- и кормоуборочные комбайны) и заканчивая высокотехнологичными машинами для посева и посадки, внесения удобрений и средств защиты растений (СЗР), основной и поверхностной обработки почвы; во-вторых, обеспечение покупательной способности сельхозтоваропроизводителя (снижение себестоимости выпускаемой техники в результате эффективной государственной поддержки ее производителей), государственная поддержка самих сельхозтоваропроизводителей через «технические субсидии», льготное кредитование, эффективные лизинговые операции, гарантирование минимальных закупочных цен на производимую сельскохозяйственную продукцию, вплоть до «интервенционных» закупок всех ее видов; в-третьих, контроль импортных поставок в Россию сельскохозяйственной техники, по своим эксплуатационным свойствам значительно превосходящей отечественные аналоги, через регулирование ввозных пошлин. Необходимо запретить ввозить на территорию России СХТ, уступающую отечественным аналогам по показателям надежности, экологичности, ресурсосбережения. В то же время, не оказывать любые виды государственной поддержки предприятиям сельскохозяйственного машиностроения, выпускающим технику, не отвечающую современным требованиям.

Для анализа развития отечественного сельхозмашиностроения представим динамику производства основных видов СХТ за последние десять лет (табл. 1). [3, 13, 23, 25]

Несмотря на то, что до 2017 года производство сельскохозяйственных тракторов возрастало, с 2018 намечился спад, в результате среднегодовое снижение

за десять лет составило 0,8%. Нет устойчивого тренда на снижение или увеличение производства зерноуборочных комбайнов (2017 год — 7606, 2015 — 4412 ед.), в результате среднегодовое увеличение — 3,8%. С 2019 года производство кормоуборочных комбайнов резко уменьшилось, но с учетом значительного увеличения в первой половине исследуемого периода (до 2018) — рост за пять лет составил 2,8 раза, среднегодовой — 6,8%.

В соответствии с нормативами потребности и Стратегией развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года для обеспечения сельскохозяйственного производства основными видами техники и формирования рынка нужны импортные поставки (табл. 2). [5, 8, 9, 11, 12, 14–22, 24, 26]

В результате снижения рынка к 2016 году, несмотря на положительную динамику до 2022, среднегодовое уменьшение выпуска тракторов за десять лет — 8,5%. Рынок зерноуборочных комбайнов в среднем за год увеличивался на 1,9% в год, кормоуборочных — 5,3%.

В последние годы показатели динамики рынка сельскохозяйственной техники заинтересованные инстанции представляют в денежном выражении, что на наш взгляд не совсем корректно. При увеличении отпускных цен на СХТ и снижении объемов ее производства, можно утверждать, что рынок растет более высокими темпами. Но отпускные цены необходимо приводить с учетом конкретной ситуации, сложившейся в аграрном производстве: природно-климатические условия (засуха, дожди, ранние заморозки); урожайность и валовые сборы сельскохозяйственных культур; размер государственной поддержки как сельхозтоваропроизводителя, так и предприятий сельхозмашиностроения; процентные ставки по кредитам.

То есть отпускная цена на СХТ должна быть приемлемой для сельхозтоваропроизводителя, так как от его финансовых возможностей зависит его покупательная способность и устойчивая реализация своей продукции предприятиями сельхозмашиностроения. Средняя стоимость одной сельскохозяйственной ма-

Таблица 1.
Производство сельскохозяйственной техники по годам, ед.

Вид техники	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Тракторы	6738	5536	6256	7266	7089	6875	6436	6266	6195	5793
Зерноуборочные комбайны	5547	4412	6054	7606	4608	4830	5402	7006	4743	5537
Кормоуборочные комбайны	280	398	564	689	776	709	699	339	290	344

Таблица 2.
Рынок сельскохозяйственной техники по годам, ед.

Вид техники	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Тракторы	4418826852212142642328010*	2757327690293143545630873								
Зерноуборочные комбайны	5426	5098	6303	6428	5358*	4154	5640	7197	5017	5182
Кормоуборочные комбайны	394	517	613	582*	485*	413	561	716	499	500

Примечание. * — показатели рассчитаны с использованием электронного репозитория <https://www.agroinvestor.ru/tech/article/31505-prodazhi-rossiyskoy-selkhoztekhniki-v-2018/>.

шины увеличилась за десять лет в 2,6 раза (с 3500 до 9199,6 тыс. руб.). Методику определения отпускной цены для отечественной СХТ могут разработать в департаменте сельскохозяйственного, пищевого и строительно-дорожного машиностроения Министерства промышленности и торговли Российской Федерации с привлечением соответствующих структур Министерства сельского хозяйства России, Российской академии наук, вузов.

Уменьшается количество сельскохозяйственной техники (кроме зерноуборочных комбайнов) приобретаемой сельхозтоваропроизводителями, среднегодовое снижение за десять лет тракторов — 1,8%, кормоуборочных комбайнов — 5% (табл. 3). [13, 16, 23]

Ситуация негативно влияет на коэффициенты обновления, повышается количество сельскохозяйственной техники, эксплуатируемой более десяти лет (табл. 4). [1, 10, 13, 16, 23, 25]

Для определения коэффициентов обновления и выбытия используем данные табл. 3, 4 и формулы:

$$k_{об} = \frac{N_{пр}}{N_{ф}}, \quad (1)$$

$$k_{в} = \frac{N_{сп}}{N_{ф}}, \quad (2)$$

где $k_{об}$, $k_{в}$ — коэффициенты обновления и выбытия; $N_{пр}$, $N_{сп}$ — количество приобретаемых и списываемых в течение года сельскохозяйственных машин, ед.; $N_{ф}$ — фактическое наличие сельскохозяйственных машин, ед.

Количество списанных сельскохозяйственных машин (СХМ) определяется по формуле:

$$N_{сп} = N_{ф}^i + N_{пр}^{i+1} - N_{ф}^{i+1}, \quad (3)$$

где $N_{ф}^i$ — фактическое количество СХМ в базовом году, ед.; $N_{пр}^{i+1}$ — количество приобретаемых СХМ в

году, следующем за базовым, ед.; $N_{ф}^{i+1}$ — фактическое количество СХМ в году, следующем за базовым, ед.

Для примера представим расчеты коэффициентов обновления и выбытия для тракторов 2015 года, коэффициентов обновления и выбытия зерноуборочных комбайнов 2018 года и кормоуборочных 2023 (рис. 1–3).

Для тракторов:

$$k_{об} = \frac{10,8}{466,5} = 0,0232, k_{об} = 2,32\%,$$

$$k_{в} = \frac{16,6}{466,5} = 0,0356, k_{в} = 3,56\%,$$

$$N_{сп} = 472,3 + 10,8 - 466,5 = 16,6.$$

Для зерноуборочных комбайнов:

$$k_{об} = \frac{5,2}{125,9} = 0,0415, k_{об} = 4,15\%,$$

$$k_{в} = \frac{4,52}{125,9} = 0,0359, k_{в} = 3,59\%,$$

$$N_{сп} = 125,2 + 5,22 - 125,9 = 4,52.$$

Для кормоуборочных комбайнов:

$$k_{об} = \frac{0,5}{14,9} = 0,0336, k_{об} = 3,36\%,$$

$$k_{в} = \frac{1}{14,9} = 0,0671, k_{в} = 6,71\%,$$

$$N_{сп} = 15,4 + 0,5 - 14,9 = 1.$$

Чтобы проверить результаты исследований на взаимосвязь и направленность приводим корреляционный анализ между коэффициентами обновления, выбытия и наличием парка техники в сельскохозяйственных организациях.

Для парка тракторов прослеживается взаимосвязь показателей «приобретение тракторов» и «коэффициент обновления» ($r = 0,956$). Связь «прямая», сила связи «очень высокая», зависимость признаков «статистически значима», $y = -0,056 + 0,00023x$. Полученный коэффициент корреляции говорит о том, что при увеличении приобретения тракторов, коэффициент обновления будет расти. Следующий по значимости — коэффициент корреляции, характеризующий взаимосвязь показателей «приобретение тракторов» и «коэффициент выбытия» ($r = -0,445$). Связь «обратная», сила связи «умеренная». При увеличении приобретения тракторов коэффициент выбытия будет уменьшаться. Необходимо отметить коэффициент, характеризующий взаимосвязь показателей «приобретение тракторов»

Таблица 3.
Приобретение основных видов сельскохозяйственной техники по годам, ед.

Вид техники	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Тракторы	14120	10832	11286	11035	10463	10714	13237	14730	11340	11030
Зерноуборочные комбайны	5336	5375	6298	6221	5221	4627	5856	6590	4710	4700
Кормоуборочные комбайны	835	670	718	694	646	624	719	620	550	500

Таблица 4.
Наличие основных видов сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственном производстве России по годам, тыс. ед.

Вид техники	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Тракторы	Всего 472,3	466,5	458,6	454,3	450,8	425,9	427,4	426,4	430,6	425,2
	СХО 247,3	233,6	223,4	216,8	211,9	206,7	203,6	198,3	196,7	190,8
Зерноуборочные комбайны	Всего 129,3	126,3	125,6	125,2	125,9	126,8	121,0	123,5	122,8	122,0
	СХО 64,6	61,4	59,3	57,6	56,9	55,0	53,9	52,6	52,3	51,0
Кормоуборочные комбайны	Всего 21,4	20,3	19,3	18,4	18,2	12,2	15,55	15,6	15,4	14,9
	СХО 15,2	14,0	13,3	12,7	12,3	11,8	11,4	10,9	10,7	10,2

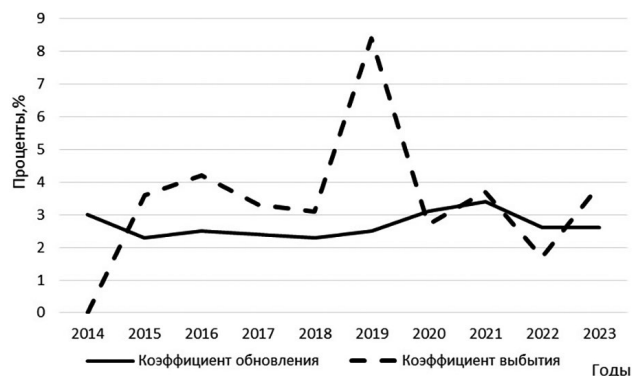


Рис. 1. Коэффициенты обновления, выбытия парка тракторов.

и «наличие тракторов» ($r = -0,06$). Связь «обратная», сила связи «слабая», зависимость признаков «статически незначима», показатели между собой не связаны.

Для зерноуборочных комбайнов также прослеживается взаимосвязь показателей «приобретение зерноуборочных комбайнов» и «коэффициент обновления» ($r = 0,99$). Связь «прямая», сила связи «функциональная», зависимость признаков «статически значима», $y = -0,127 + 0,00082x$. При увеличении приобретения зерноуборочных комбайнов коэффициент обновления будет расти. Следующий по значимости коэффициент корреляции, характеризующий взаимосвязь показателей «коэффициент выбытия» и «наличие зерноуборочных комбайнов» ($r = -0,664$), связь «обратная», сила связи «заметная», зависимость признаков «статически значима». При уменьшении коэффициента выбытия, наличие зерноуборочных комбайнов увеличится, $y = 127,86 - 0,659x$. Коэффициент взаимосвязи показателей «коэффициент обновления» и «наличие зерноуборочных комбайнов» — $r = -0,183$, связь «обратная», сила связи «слабая», зависимость признаков «статически незначима». Показатели «коэффициент обновления» и «наличие зерноуборочных комбайнов» между собой не связаны из-за того, что коэффициент обновления настолько мал, что не оказывает существенного влияния на фактическое наличие парка зерноуборочных комбайнов.

Для кормоуборочных комбайнов наиболее прослеживается взаимосвязь показателей «приобретение кормоуборочных комбайнов» и «наличие кормоуборочных комбайнов» ($r = 0,676$), связь «прямая», сила связи «заметная», зависимость признаков «статически значима», $y = 3,673 + 0,02x$. При увеличении приобре-

тения кормоуборочных комбайнов их наличие в парке будет расти. Следующий по значимости коэффициент корреляции, характеризующий взаимосвязь показателей: «коэффициент выбытия» и «наличие кормоуборочных комбайнов» ($r = -0,588$), связь «обратная», сила связи «заметная». При увеличении коэффициента выбытия, наличие кормоуборочных комбайнов в парке будет уменьшаться. Показатели «приобретение кормоуборочных комбайнов» и «коэффициент выбытия» не связаны ($r = -0,187$), связь «обратная», сила связи «слабая», зависимость признаков «статически не значима». Приобретение кормоуборочных комбайнов настолько мало, что практически не оказывает влияния на коэффициент выбытия.

Изменилась структура рынка предлагаемой СХТ по мощности двигателя, пропускной способности молотильно-сепарирующего устройства (МСУ), измельчающего устройства (табл. 5). [8, 14, 16, 18, 20, 22, 25]

В результате ухода с рынка сельскохозяйственной техники ведущих мировых производителей появились поставки из азиатских стран и Латинской Америки. Основную долю их в Россию, после белорусских тракторов, осуществляют китайские производители. Если в 2020 году в Россию было поставлено тракторов с мощностью двигателя от 50 до 176 л.с. и выше — 810 ед., то в 2022 — 7272 ед. [2, 11] Первыми сельскохозяйственными тракторами, представленными на рынке России, были Zoomlion, затем YTO и LOVOL, в 2024 году — CHANGFA и HANWO. Тракторы, поставляемые из Китая, практически соответствуют модельному ряду белорусских тракторов. Трактору Беларус 923 — Zoomlion RN904, YTO-X904, LOVOL TD904; Беларус 1025 — Zoomlion RN1104, YTO-X1104, LOVOL TD1104; Беларус 1523 — Zoomlion RS1604, YTO-ELG1604, LOVOL TR1504. Авторами проведены исследования по определению и сравнению эксплуатационных свойств тракторов семейства Беларус и китайского производства. [4–7]

Изучили эксплуатационные свойства тракторов CHANGFA и HANWO и осуществили сравнительный анализ с аналогичными белорусскими и тракторами других китайских производителей. Расчеты провели для тракторов CHANGFA CFF 904B, HANWO TD 904, сравнительный анализ с трактором Беларус 923.3, Zoomlion RN904 и другими тракторами китайского производства (табл. 6).

Чтобы оценить эксплуатационные свойства тракторов, определим производительность МТА, удельный расход топлива. Для формирования тяговых свойств тракторов необходим заводской комплект балластных грузов. Предлагаем различные варианты балластирования с учетом энергонасыщенности, оптимального распределения эксплуатационной массы между осями с точки зрения управляемости трактора. В соответствии с вариантом балластирования устанавливаем

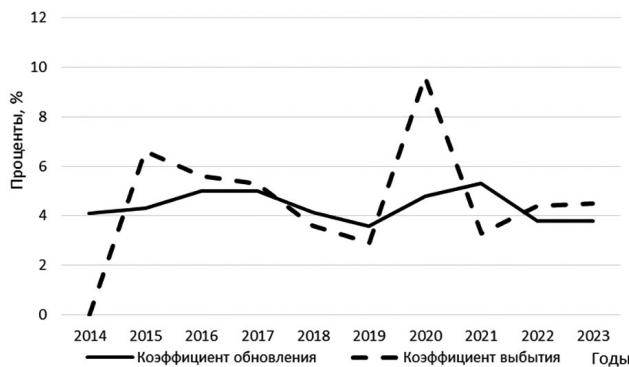


Рис. 2. Коэффициенты обновления, выбытия парка зерноуборочных комбайнов.

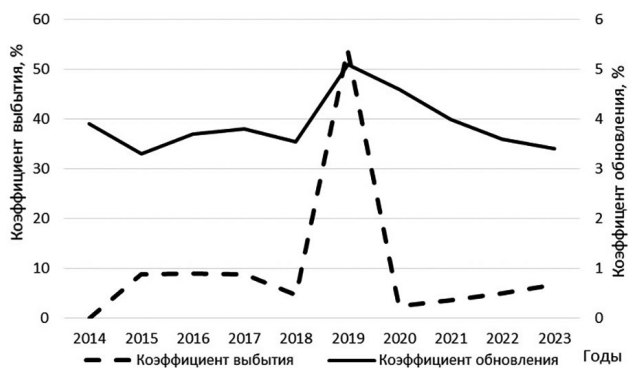


Рис. 3. Коэффициенты обновления, выбытия парка кормоуборочных комбайнов.

Таблица 5.
Структура рынка сельскохозяйственных тракторов по годам, %

Тракторы с мощностью двигателя, л.с.	2017	2023	Изменение (+; -)
До 40	28,1	19,5	- 8,6
40...100	38,4	44,2	+ 5,8
Свыше 100	33,5	36,3	+ 2,8

Таблица 6.

Технические характеристики тракторов

Марка	Эксплуатационная масса, кг	Номинальная мощность двигателя, л.с.	Энергонасыщенность, кВт/кН	Суммарное количество балластных грузов, кг	Диапазон скоростей, км/ч
CFF 904B	4130	90	1,63	760	2,67...36,01
HANWO TD 904	4200	90	1,61	480	2,43...36,4
Беларус 923	4700	95	1,52	450	2,7...38,4
RN904	4350	89,7	1,55	540	1,58...33,69
YTO-X904	4400	89,9	1,53	570	2,21...37,55
LOVOL TD904	4155	90	1,63	835	1,5...32,2* 2,2...33,3**

Примечание. * — для коробки перемены передач 16F, ** — 8F.

эксплуатационные свойства, применяя индексный метод, находим оптимальный вариант догрузки трактора балластными грузами.

Трактор CFF 904B. Для балластирования можно использовать передние противовесы — десять грузов по 40 кг, задние — до четырех грузов по 45 кг на колесо.

Варианты балластирования: 1 — без груза; 2 — по два груза на задние колеса; 3 — два передних груза + по два на задние колеса; 4 — четыре передних груза + по два на задние колеса; 5 — четыре передних груза + по четыре на задние колеса; 6 — шесть передних грузов + по четыре на задние колеса; 7 — восемь передних грузов + по четыре на задние колеса; 8 — десять передних грузов + по четыре на задние колеса.

Тяговые усилия при различных вариантах догрузки балластными грузами представлены в таблице 7.

Используя диапазон рабочих передач рассчитаем тяговые усилия на различных передачах с учетом варианта балластирования (табл. 8).

Чтобы оценить влияние балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) и расход топлива произведем расчеты по формированию МТА для выполнения технологической операции «культивация».

Таблица 7.

Номинальные тяговые усилия трактора CFF 904 B при различных вариантах догрузки

Вариант	Передняя ось		Задняя ось		Эксплуатационный вес, кг	Энергонасыщенность, кВт/кН	Номинальное тяговое усилие, кН
	кг	%	кг	%			
1	1890	46	2240	54	4130	1,63	15,9
2	1890	43,8	2420	56,2	4310	1,56	16,6
3	1970	44,9	2420	55,1	4390	1,54	16,9
4	2050	45,9	2420	54,1	4470	1,51	17,2
5	2050	44,1	2600	55,9	4650	1,45	17,9
6	2130	45	2600	55	4730	1,43	18,2
7	2210	45,9	2600	54,1	4810	1,4	18,5
8*	2290	46,8	2600	53,2	4890	1,38	18,8

Примечание. * — желательно применять сельскохозяйственную машину с увеличенной эксплуатационной массой для снижения нагрузки на переднюю ось.

Исходные данные: удельное сопротивление — 1,7 кН/м, коэффициент сопротивления перекачиванию — 0,15, запас тягового усилия — 7,5%. Выбираем более высокие скорости, в соответствии с агротехническими требованиями.

Тяговое сопротивление агрегата определяется по формуле:

$$R_a = R_m + R_f, \quad (4)$$

где R_m — тяговое сопротивление, кН; R_f — сопротивление перекачиванию, кН.

Часовая производительность:

$$W_q = e B_p V_p = e \xi_B \xi_v \tau B_a V_T, \quad (5)$$

где e — коэффициент, учитывающий единицы измерения скорости движения агрегата, $e = 0,1$; B_p — рабочая ширина захвата агрегата, м; $B_p = \xi_B B_a$, где ξ_B — коэффициент использования ширины захвата учитывающий отличие рабочей ширины захвата от конструктивной, $\xi_B = \frac{B_p}{B_a}$ (при поверхностной обработке $\xi_B = 0,95...0,96$); V_p — рабочая скорость движения агрегата; $V_p = \xi_v V_T$, где ξ_v — коэффициент использования скорости, $\xi_v = \frac{V_p}{V_T}$. $\xi_v = 0,77$ для тракторов кл. 1,4...2 тс.; τ — коэффициент использования времени смены, $\tau = \frac{T_p}{T_{CM}}$

(при хорошей организации труда и нормальных условиях эксплуатации $\tau = 0,7...0,8$).

Расход топлива:

$$g_{TA} = \frac{G_{T.P} + G_{T.П} + G_{T.ПЕР} + G_{T.ХД}}{W_q}, \quad (6)$$

где $G_{T.P}$, $G_{T.П}$, $G_{T.ПЕР}$, $G_{T.ХД}$ — средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (остановки агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива принимаются по справочным данным или рассчитываются через удельный расход топлива на 1 эф. л.с. и степень загрузки двигателя.

Для культиватора КПС-5

$$R_a = 5 \times 1,7 + 0,15 \times 12,6 = 8,5 + 1,89 = 10,39 \text{ кН.}$$

$$\text{КПС-6} - R_a = 6 \times 1,7 + 0,15 \times 13,6 = 10,2 + 2,04 = 12,24 \text{ кН.}$$

Варианты для культиватора КПС-5. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ (8,97 км/ч):

$$1. - 11,2 \text{ кН}$$

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,47 \text{ га/ч}$$

$$g_{TA} = \frac{9,2 \times 0,75 + 5 \times 0,25}{2,47} = \frac{6,9 + 1,25}{2,47} = 3,3 \text{ кг/га}$$

Таблица 8.

Тяговые усилия трактора CFF 904 B на различных передачах

Рабочая скорость, км/ч	Тяговые усилия (кН) при различных вариантах догрузки							
	1	2	3	4	5	6	7	8
6,68	13,6	14,2	14,5	14,8	15,3	15,6	15,9	16,1
4,59	15,9	16,6	16,9	17,2	17,9	18,2	18,5	18,8
7,12	13,2	13,7	14,0	14,2	14,8	15,1	15,3	15,55
8,97	11,2	11,7	11,9	12,1	12,55	12,8	13,0	13,2
15,3	4,31	4,53	4,61	4,69	4,83	4,96	5,09	5,23
10,9	9,07	9,49	9,66	9,83	10,2	10,4	10,6	10,7

2. — 11,7 кН

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,47 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,6 \times 0,75 + 5,22 \times 0,25}{2,47} = \frac{7,2 + 1,3}{2,47} = 3,44 \text{ кг/га}$$

3. — 11,9 кН

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,47 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,78 \times 0,75 + 5,31 \times 0,25}{2,47} = \frac{7,33 + 1,33}{2,47} = 3,51 \text{ кг/га}$$

4. — 12,1 кН

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,47 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,96 \times 0,75 + 5,41 \times 0,25}{2,47} = \frac{7,47 + 1,35}{2,47} = 3,57 \text{ кг/га}$$

5. — 12,55 кН

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,47 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,4 \times 0,75 + 5,63 \times 0,25}{2,47} = \frac{7,8 + 1,41}{2,47} = 3,73 \text{ кг/га}$$

6. — 12,8 кН

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,47 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,5 \times 0,75 + 5,73 \times 0,25}{2,47} = \frac{7,87 + 1,43}{2,47} = 3,76 \text{ кг/га}$$

7. — 13 кН

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,47 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,7 \times 0,75 + 5,82 \times 0,25}{2,47} = \frac{8,02 + 1,45}{2,47} = 3,83 \text{ кг/га}$$

8. Для культиватора КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию на передаче ПЗ (8,97 км/ч) — 13,2 кН, с его запасом.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 8,97 \times 0,75 = 2,97 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,9 \times 0,75 + 5,92 \times 0,25}{2,97} = \frac{8,17 + 1,48}{2,97} = 3,25 \text{ кг/га}$$

Результаты расчетов влияния балластирования на производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) и расход топлива представлены в таблице 9.

Используя индексный метод, взяв за базисный 1 вариант, определяем оптимальную догрузку балластными грузами трактора СFF 904 В.

1 вариант. (1 + 1 = 2 балла); 2. (1 + 0,96 = 1,96); 3. (1 + 0,94 = 1,94); 4. (1 + 0,92 = 1,92); 5. (1 + 0,88 = 1,88); 6. (1 + 0,88 = 1,88); 7. (1 + 0,86 = 1,86); 8. (1,2 + 1,01 = 2,21 балла) — оптимальный вариант догрузки.

Трактор TD 904. Для балластирования можно использовать передние противовесы — 11 грузов по 28 кг, задние — два груза по 43 кг на колесо.

Таблица 9.
Влияние балластирования на производительность МТА и расход топлива у агрегата в составе с трактором СFF 904 В

Вариант	Марка СХМ	Часовая производительность, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
1			3,3
2			3,44
3			3,51
4	КПС-5	2,47	3,57
5			3,73
6			3,76
7			3,83
8	КПС-6	2,97	3,25

Всего шесть вариантов: от «без балластных грузов» до «11 передних балластных грузов + по два балластных груза на задние колеса». В результате энергонасыщенность снизилась с 1,61 до 1,44 кВт/кН, номинальное тяговое усилие увеличилось с 16,15 до 18,00 кН, то есть на 11,4%.

Для культиватора КПС-4:

$$R_a = 4 \times 1,7 + 0,15 \times 7,96 = 6,8 + 1,19 = 7,99 \text{ кН}$$

1. Для культиватора КПС-4. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию в диапазоне «В», на четвертой передаче (13,3 км/ч) с тяговым усилием 9,23 кН, с его запасом.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 4 \times 0,77 \times 13,3 \times 0,75 = 2,93 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,2 \times 0,75 + 5 \times 0,25}{2,93} = \frac{6,9 + 1,25}{2,93} = 2,78 \text{ кг/га}$$

2. Для культиватора КПС-5. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию в диапазоне «В», на третьей передаче (10,8 км/ч) с тяговым усилием 11,4 кН, с его запасом.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 5 \times 0,77 \times 10,8 \times 0,75 = 2,98 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{9,38 \times 0,75 + 5,1 \times 0,25}{2,98} = \frac{7,03 + 1,27}{2,98} = 2,78 \text{ кг/га}$$

3. Оптимальный вариант догрузки для культиватора КПС-6. Тяговое сопротивление соответствует тяговому усилию в диапазоне «С», на второй передаче (9,55 км/ч) с тяговым усилием 13,3 кН, с его запасом.

$$W_q = 0,1 \times 0,955 \times 6 \times 0,77 \times 9,55 \times 0,75 = 3,14 \text{ га/ч}$$

$$g_{\text{ГА}} = \frac{10,1 \times 0,75 + 5,5 \times 0,25}{3,14} = \frac{7,57 + 1,37}{3,14} = 2,85 \text{ кг/га}$$

Приводим сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов (табл.10).

Используя индексный метод, определим трактор с наилучшими эксплуатационными свойствами. Базисный машинно-тракторный агрегат — в составе СFF 904 В + КПС-6.

СFF 904 В + КПС-6 — 1 + 1 = 2 балла;

TD 904 + КПС-6 — 1,06 + 1,14 = 2,2;

Беларус 923.3 + КПС-6 — 1,46 + 0,99 = 2,45;

Zoomlion RN 904 + КПС-6 — 1,15 + 1,25 = 2,4;

УТО-Х904 + КПС-6 — 1,12 + 1,19 = 2,31;

LOVOL TD904 (16F) + КПС-5 — 1,04 + 1,13 = 2,17;

LOVOL TD904 (16F) + КПС-6 — 1,07 + 1,1 = 2,17;

LOVOL TD904 (8F) + КПС-4 — 1,11 + 1,24 = 2,35 балла.

Таблица 10.

Сравнительный анализ тракторов

Марка	Эксплуатационная масса, кг	Мощность двигателя, кВт	Марка культиватора	Производительность агрегата, га/ч	Удельный расход топлива, кг/га
СFF 904В	4130	66,2	КПС-6	2,97	3,25
TD 904	4200	66,2	КПС-6	3,14	2,85
Беларус 923.3	4775	70	КПС-6	4,33	3,28
Zoomlion RN 904	4350	66	КПС-6	3,41	2,6
УТО-Х904	4400	66,2	КПС-6	3,33	2,74
LOVOL TD904 (16F)	4155	66,2	КПС-5	3,09	2,87
			КПС-6	3,18	2,95
LOVOL TD904 (8F)	4155	66,2	КПС-4	3,29	2,61

По расчетам установили рейтинговые места МТА:

1. Беларус 923.3 + КПС-6;
2. Zoomlion RN 904 + КПС-6;
3. LOVOL TD904 (8F) + КПС-4;
4. УТО-Х904 + КПС-6;
5. TD 904 + КПС-6;
6. LOVOL TD904 (16F);
7. CFF 904B + КПС-6.

У тракторов китайского производства практически одинаковые производительность (2,97...3,41 га/ч) и расход топлива, кроме CFF 904 В (2,6...2,95 кг/га), но по другим эксплуатационным свойствам они уступают трактору Беларус 923.3. У тракторов Zoomlion RN 904, LOVOL TD904 с восьмиступенчатой коробкой перемены передач эксплуатационные свойства достаточно высокие. Все представленные тракторы китайского производства, за исключением CFF 904В, превосходят тракторы Беларус всех модификаций.

Выводы. За последние десять лет кардинально изменился российский рынок СХТ. Увеличивается количество тракторов с мощностью двигателя 100 л.с. и выше, изменяется структура прицепной СХТ, посевных агрегатов.

В сложившейся международной ситуации на рынок сельскохозяйственной техники России активно внедряется Китай, практически со всеми видами СХТ, и Индия с импортом тракторов. Проведенные исследования по оценке эксплуатационных свойств тракторов китайского производства говорят о том, что они составят достойную конкуренцию тракторам Беларус.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бурак П.И., Голубев И.Г., Федоренко В.Ф. и др. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 152 с.
2. Внешняя торговля России. [Электронный ресурс]. URL: <https://statexim.ru/statistic/all/oborot/202001-202012/world/RU/> Дата обращения 20.03.2024.
3. Дефицитный трактор. Как Россия восстанавливает утраченные позиции на мировом рынке сельскохозяйственного машиностроения. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sonar2050.org/storage/files/Доклады/Лизан/Дефицитный%20трактор%20доклад.pdf?ysclid=ltquahnn11757298628> Дата обращения 14.03.2024.
4. Иовлев Г.А. Эксплуатационные свойства сельскохозяйственных тракторов — выбор за вами // Агропродовольственная политика России. 2023. № 1. С. 2—10.
5. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Исследование эксплуатационных свойств тракторов отечественного и китайского производства // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 10. С. 93—100.
6. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Сравнительный анализ эксплуатационных свойств тракторов белорусско-российского и китайского производства // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 3 (55). С. 16—24.
7. Иовлев Г.А., Побединский В.В., Голдина И.И. Сравнение эксплуатационных свойств китайских тракторов ZOOMLION и УТО // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 4. С. 74—82
8. Итоги продажи тракторов и комбайнов в России, США и Канаде за 2022 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://tehnoradar.ru/blog/article/itogi-prodazh-tractorov-i-kombajnov-v-rossii-ssha?ysclid=ltths5qhsx878419608> Дата обращения 16.03.2024.
9. Криничная Е.П. Рынок сельскохозяйственной техники в России: современное состояние и тенденции развития // Вестник аграрной науки. 2022. № 6 (99). С. 110—118. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.6.110>.
10. Наличие сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных организациях. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/42339> Дата обращения 17.03.2024.
11. Никонов А. Китайский захват. Что ждёт российский рынок тракторов в 2023 году. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/opinion/article/39990-kitayskiy-zakhvat-chto-zhdyet-rossiyskiy-rynok-tractorov-v-2023-godu/> Дата обращения 11.03.2024.
12. Обзор рынка сельскохозяйственной техники: тренды и структура. [Электронный ресурс]. URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13354/?ysclid=ltquzj75mt356782956> Дата обращения 14.03.2024.
13. О состоянии машинно-тракторного парка, совершенствовании работы инженерно-технических служб АПК и задачах в рамках реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы. [Электронный ресурс]. URL: https://irkobl.ru/sites/agroline/02_Chekmarev_31_01_Итог_.pdf?ysclid=ltqv6q5jdu73462752 Дата обращения 14.03.2024.
14. Отгрузка сельскохозяйственных тракторов и самоходных комбайнов российскими и зарубежными производителями на внутренний рынок в декабре 2020 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosspetsmash.ru/attachments/article/3715/Экспресс-отчет%20декабрь%202020.pdf> Дата обращения 16.03.2024.
15. Отгрузки комбайнов продолжают сокращаться. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/tech/news/32439-proizvodstvo-selkhoztehniki-vyroslo-na-14/> Дата обращения 15.03.2024.
16. Продажи российской сельхозтехники в 2018 году выросли на 3%. [Электронный ресурс]. <https://www.agroinvestor.ru/tech/article/31505-prodazhi-rossiyskoy-selkhoztehniki-v-2018/> Дата обращения 15.03.2024.
17. Производство и отгрузка основных видов сельскохозяйственной техники в России за январь-декабрь 2019 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asm-holding.ru/info/news/proizvodstvo-i-otgruzka-osnovnykh-vidov-selskokhozyaystvennoy-tehniki-v-rossii-za-yanvar-dekabr2019?ysclid=ltsvcl6751646247524> Дата обращения 15.03.2024.
18. Российская сельхозтехника 2019: внутренний рынок, экспорт, перспективы. [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/XlkOJGqIgBfQXqqaq> Дата обращения 15.03.2024.
19. Рынок сельскохозяйственных машин. [Электронный ресурс]. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/23/1525051005/Рынок%20сельскохозяйственных%20машин-2019.pdf?ysclid=ltqp89xvdi564007261> Дата обращения 14.03.2024.
20. Рынок сельскохозяйственных машин: итоги и прогнозы. [Электронный ресурс]. URL: <https://spec-technika.ru/2023/02/rynok-selskhozajstvennyh-mashin-itogi-i-prognozy?ysclid=ltmtdulps946766297> Дата обращения 11.03.2024.
21. Рынок сельскохозяйственной техники: итоги 2023 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://reis.zr.ru/news/rynok-selskokhozyaystvennoi-tehniki-itogi-2023-goda?ysclid=ltmsrz3sxw847380253> Дата обращения 11.03.2024.
22. Рынок тракторов России, США и Канады по итогам 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://tehnoradar.ru/blog/article/rynok-tractorov-rossii-ssha-i-kanady-po-itogam-2021?ysclid=lttgwif2m5999781421> Дата обращения 16.03.2024.
23. Сельское хозяйство в РСФСР и РФ 1950—2016 гг.: сельхозтехника (Часть 12). [Электронный ресурс]. URL: <http://riskprom.ru/publ/43-1-0-414> Дата обращения 14.03.2024.

24. Семенов К.А. Рынок сельскохозяйственной техники России в условиях стресс-факторов 2020 года // Международный научно-исследовательский журнал. № 12 (102). С. 61–63. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.102.12.081>
 25. Сельхозтехника в России. [Электронный ресурс]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Сельхозтехника_в_России?ysclid=ltqtn4zen7830953298 Дата обращения 14.03.2024.
 26. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 июля 2017 г. № 1455-р.
- REFERENCES**
1. Burak P.I., Golubev I.G., Fedorenko V.F. i dr. Sostoyanie i perspektivy obnoveniya parka sel'skohozyajstvennoj tekhniki: nauch. analit. obzor. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. 152 s.
 2. Vneshnyaya trgovlya Rossii. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://statexim.ru/statistic/all/oborot/202001-202012/world/RU/> Data obrashcheniya 20.03.2024.
 3. Deficitnyj traktor. Kak Rossiya vosstanavlivaet utrachennye pozicii na mirovom rynke sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.sonar2050.org/storage/files/Doklady/Lizan/Deficitnyj%20traktor%20doklad.pdf?ysclid=ltquahnn11757298628> Data obrashcheniya 14.03.2024.
 4. Iovlev G.A. Ekspluatatsionnye svoystva sel'skohozyajstvennyh traktorov — vybor za vami// Agroproduktivnaya politika Rossii. 2023. № 1. S. 2–10.
 5. Iovlev G.A., Goldina I.I. Issledovanie ekspluatatsionnyh svoystv traktorov otechestvennogo i kitajskogo proizvodstva // Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. 2022. № 10. S. 93–100.
 6. Iovlev G.A., Goldina I.I. Sravnitel'nyj analiz ekspluatatsionnyh svoystv traktorov belorussko-rossijskogo i kitajskogo proizvodstva // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2022. № 3 (55). S. 16–24.
 7. Iovlev G.A., Pobedinskij V.V., Goldina I.I. Sravnenie ekspluatatsionnyh svoystv kitajskih traktorov Zoomlion i YTO // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2022. T. 16. № 4. S. 74–82
 8. Itogi prodazhi traktorov i kombajnov v Rossii, SShA i Kanade za 2022 god. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://tehnoradar.ru/blog/article/itogi-prodazh-traktorov-i-kombajnov-v-rossii-ssha?ysclid=ltths5qhsx878419608> Data obrashcheniya 16.03.2024.
 9. Krinichnaya E.P. Rynok sel'skohozyajstvennoj tekhniki v Rossii: sovremennoe sostoyanie i tendencii razvitiya// Vestnik agrarnoj nauki. 2022. № 6 (99). S. 110–118. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.6.110>.
 10. Nalichiesel'skohozyajstvennojtekhniki v sel'skohozyajstvennyh organizacijah. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/42339> Data obrashcheniya 17.03.2024.
 11. Nikonov A. Kitajskij zahvat. Chto zhdyot rossijskij rynek traktorov v 2023 godu. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/opinion/article/39990-kitajskiy-zakhvat-cto-zhdyet-rossijskij-rynek-traktorov-v-2023-godu/> Data obrashcheniya 11.03.2024.
 12. Obzor rynka sel'skohozyajstvennoj tekhniki: trendy i struktura. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/13354/?ysclid=ltquzj75mt356782956> Data obrashcheniya 14.03.2024.
 13. O sostoyanii mashinno-traktornogo parka, sovershenstvovaniyu raboty inzhenerno-tekhnicheskikh sluzhb APK i zadachah v ramkah realizacii Gosprogrammy na 2013–2020 gody. [Elektronnyj resurs]. URL: https://irkobl.ru/sites/agroline/02_Chekmarev_31_01_Itoq_.pdf?ysclid=ltqv6q5jdu73462752 Data obrashcheniya 14.03.2024.
 14. Otruzka sel'skohozyajstvennyh traktorov i samohodnyh kombajnov rossijskimi i zarubezhnymi proizvoditelyami na vnutrennij rynek v dekabre 2020 goda. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://rosspetsmash.ru/attachments/article/3715/Ekspresstchet%20dekabr'%202020.pdf> Data obrashcheniya 16.03.2024.
 15. Otruzki kombajnov prodolzhayut sokrashchat'sya. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/tech/news/32439-proizvodstvo-selkhoztekhniki-vyroslo-na-14/> Data obrashcheniya 15.03.2024.
 16. Prodazhi rossijskoj sel'hoztekhniki v 2018 godu vyrosli na 3%. [Elektronnyj resurs]. <https://www.agroinvestor.ru/tech/article/31505-prodazhi-rossijskoj-selkhoztekhniki-v-2018/> Data obrashcheniya 15.03.2024.
 17. Proizvodstvo i otruzka osnovnyh vidov sel'skohozyajstvennoj tekhniki v Rossii za yanvar'-dekabr' 2019 goda. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.asm-holding.ru/info/news/proizvodstvo-i-otruzka-osnovnykh-vidov-selskokhozyajstvennoj-tekhniki-v-rossii-za-yanvar-dekabr-201/?ysclid=ltsvcl6751646247524> Data obrashcheniya 15.03.2024.
 18. Rossijskaya sel'hoztekhnika 2019: vnutrennij rynek, eksport, perspektivy. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://dzen.ru/a/XlkOJGqIgBfQXqag> Data obrashcheniya 15.03.2024.
 19. Rynok sel'skohozyajstvennyh mashin. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2019/12/23/1525051005/Rynok%20sel'skohozyajstvennyh%20mashin-2019.pdf?ysclid=ltqp89xvdi564007261> Data obrashcheniya 14.03.2024.
 20. Rynok sel'skohozyajstvennyh mashin: itogi i prognozy. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://spec-technika.ru/2023/02/rynek-selskokhozyajstvennyh-mashin-itogi-i-prognozy/?ysclid=ltmtdulps946766297> Data obrashcheniya 11.03.2024.
 21. Rynok sel'skohozyajstvennoj tekhniki: itogi 2023 goda. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://reis.zr.ru/news/rynek-selskokhozyajstvennoj-tekhniki-itogi-2023-goda/?ysclid=ltmsrz3sxw847380253> Data obrashcheniya 11.03.2024.
 22. Rynok traktorov Rossii, SShA i Kanady po itogam 2021. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://tehnoradar.ru/blog/article/rynek-traktorov-rossii-ssha-i-kanady-po-itogam-2021?ysclid=lttgwif2m5999781421> Data obrashcheniya 16.03.2024.
 23. Sel'skoe hozyajstvo v RSFSR i RF 1950–2016 gg.: sel'hoztekhnika (Chast' 12). [Elektronnyj resurs]. URL: <http://riskprom.ru/publ/43-1-0-414> Data obrashcheniya 14.03.2024.
 24. Semenenko K.A. Rynok sel'skohozyajstvennoj tekhniki Rossii v usloviyah stress-faktorov 2020 goda// Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. № 12 (102). S. 61–63. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.102.12.081>
 25. Sel'hoztekhnika v Rossii. [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ya:Sel'hoztekhnika_v_Rossii?ysclid=ltqtn4zen7830953298 Data obrashcheniya 14.03.2024.
 26. Strategiya razvitiya sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya Rossii na period do 2030 goda, utverzhdyonnaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 7 iyulya 2017 g. № 1455-r.

Поступила в редакцию 01.04.2024

Принята к публикации 15.04.2024

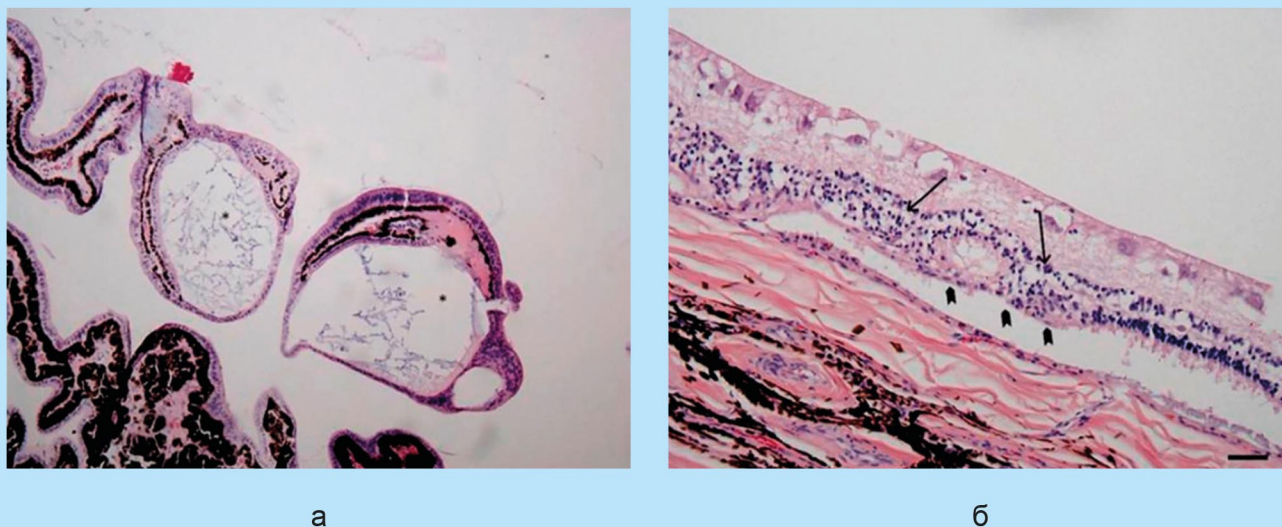


Рис. 3. Гистологическое исследование глазных яблок:
а – цилиарные кисты; б – дегенеративные изменения сетчатки.

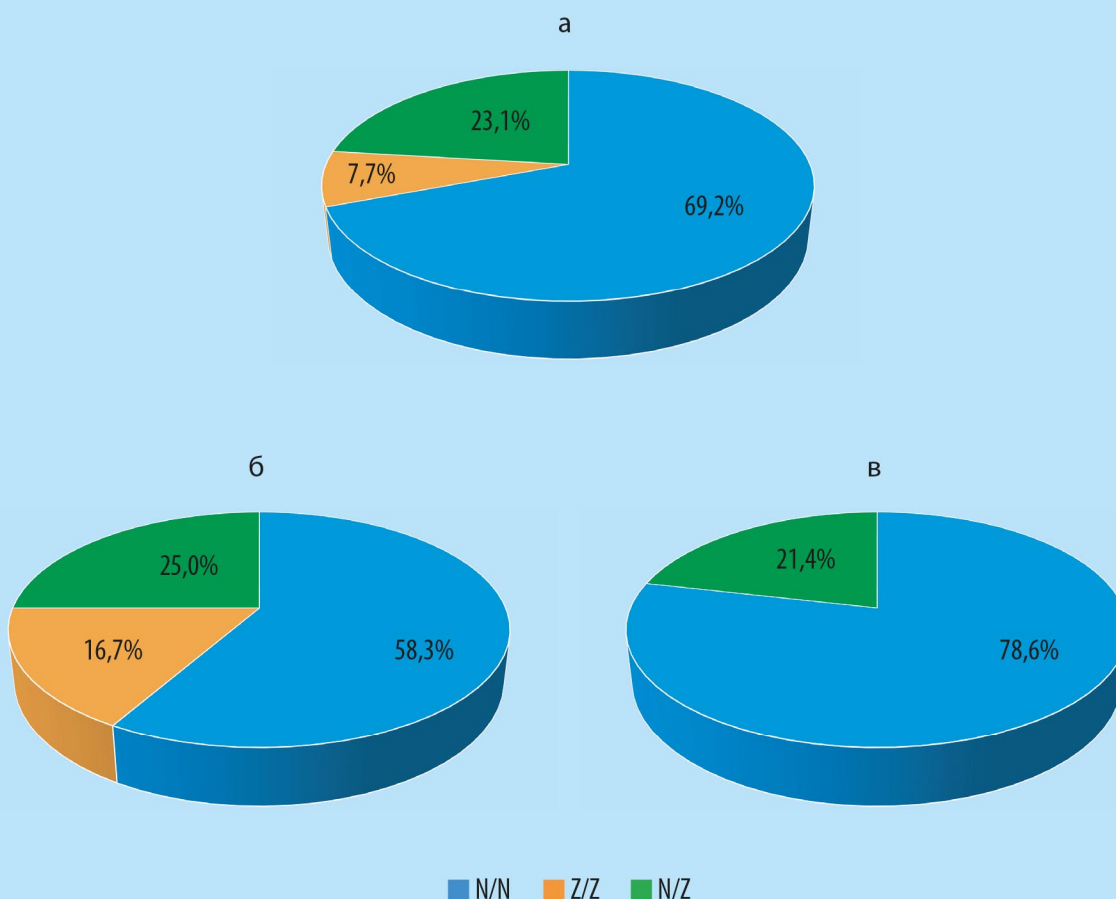


Рис. 6. Частота встречаемости серебристого гена у лошадей советской тяжеловозной породы:
а – в фокус-группе; б – у жеребцов; в – у кобыл.

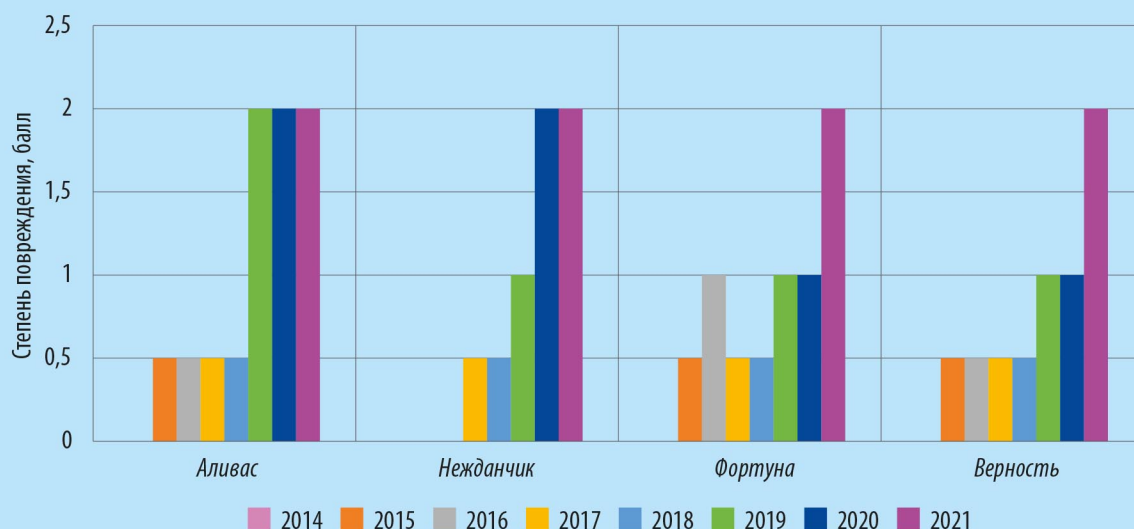


Рис. 1. Динамика повреждения почковым клещом в группе среднеустойчивых к вредителю сортов.

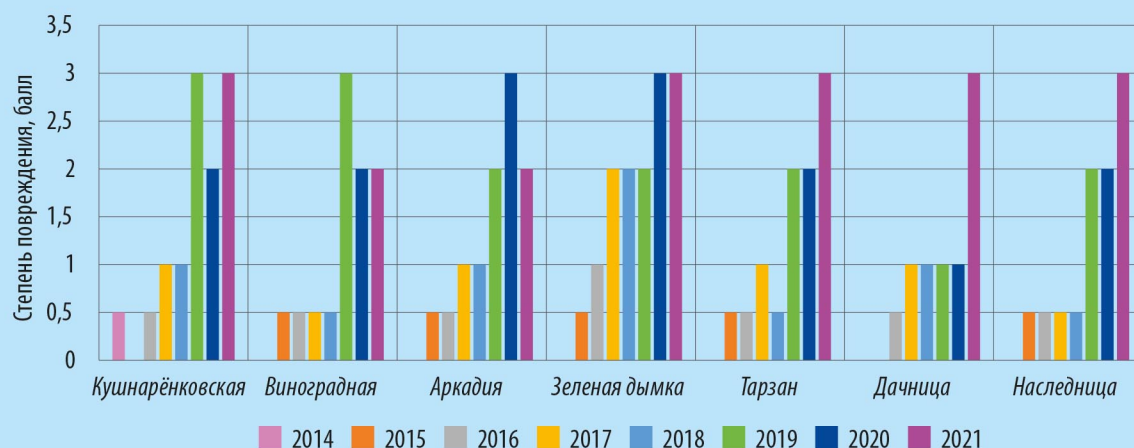


Рис. 2. Динамика повреждения почковым клещом в группе слабоустойчивых к вредителю сортов.

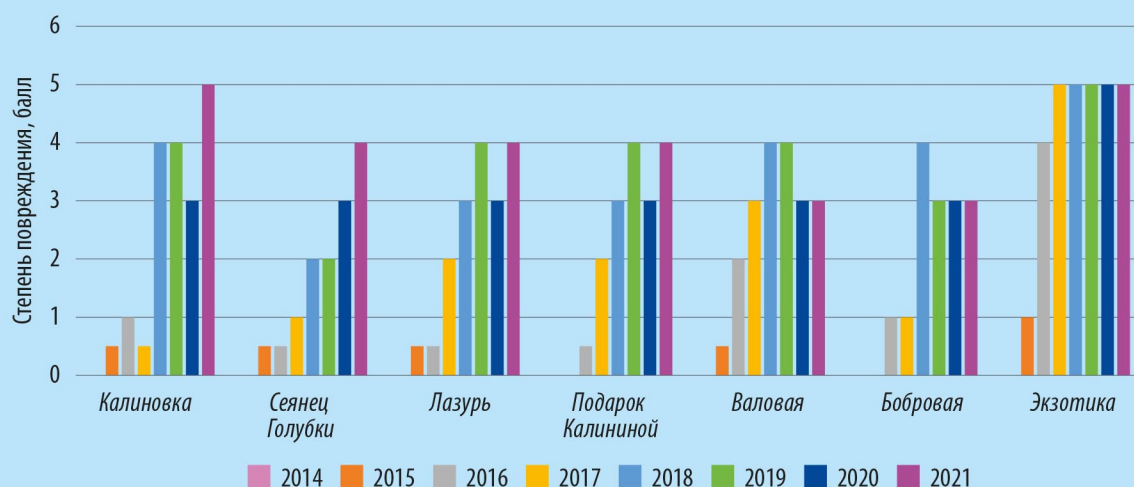


Рис. 3. Динамика повреждения почковым клещом в группе восприимчивых к вредителю сортов.