

ISSN 2500-2082

Номер 6

Ноябрь–Декабрь 2024

Научно-теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



НАУКА
— 1727 —

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

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

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



Яровая мягкая пшеница *Кинельская удача* (испытание, растение, колос, зерновка).



Рис. 1. Руккола, цветение.

Рисунки к статье Гаджимустапаевой Е.Г., Куркиева К.У. «Агробиологическая оценка и продуктивность сортов рукколы в условиях Республики Дагестан» (стр. 41)



Рис. 2. Форма стручков рукколы.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№6 Ноябрь – Декабрь 2024
November – December

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** Лоскутов С.И., Пухальский Я.В., Осипов А.И. и др. / Loskutov S.I., Pukhalsky Ya.V., Osipov A.I. et al.
СИМБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА ПРИ ДОБАВЛЕНИИ ЗООГУМУСА В СУБСТРАТ / SYMBIOTIC ACTIVITY OF LUPIN WHEN ADDING ZOONUMUS TO THE SUBSTRATE
- 9** Дёмина Е.А., Таранова Т.Ю., Роменская С.Е., Кинчаров А.И. / Demina E.A., Taranova T.Yu., Romenskaya S.E., Kincharov A.I.
ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ *КИНЕЛЬСКАЯ УДАЧА* ДЛЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ УСЛОВИЙ СРЕДНЕВОЛЖСКОГО И УРАЛЬСКОГО РЕГИОНОВ / HIGHLY PRODUCTIVE SOFT SPRING WHEAT *KINELSKAYA UDACHA* VARIETY FOR FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA AND URAL REGIONS
- 14** Камова А.И., Евстратова Л.П. / Kamova A.I., Evstratova L.P.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ *MEDICAGO VARIA* MART. В ОДНОВИДОВЫХ И ЛЮЦЕРНО-ТИМОФЕЕЧНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗАХ КАРЕЛИИ / COMPARATIVE EVALUATION OF *MEDICAGO VARIA* MART. VARIETIES IN SINGLE-SPECIES AND ALFALFA-TIMOTHY AGROPHYTOCENOSIS OF KARELIA
- 17** Бахмет О.Н., Евстратова Л.П., Николаева Е.В., Дубина-Чехович Е.В. / Bakhmet O.N., Evstratova L.P., Nikolaeva E.V., Dubina-Chekhovich E.V.
ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ФИТОЦЕНОЗОВ НЕИСПОЛЗУЕМЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ КАРЕЛИИ / POSTAGROGENIC TRANSFORMATION AND ASSESSMENT OF CARBON STOCKS OF KARELIA UNUSED FORAGE LANDS PHYTOCENOSIS
- 20** Гаджимагомедова М.Х., Куркиев К.У., Куркиев У.К. / Gadzhimagomedova M.Kh., Kurkiev K.U., Kurkiev U.K.
АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ ТРИТИКАЛЕ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ДАГЕСТАНА / ADAPTIVE POTENTIAL OF TRITICALE OF DIFFERENT ORIGINS PRODUCTIVITY WHEN GROWN UNDER SOUTHERN DAGESTAN CONDITIONS
- 23** Замятин С.А., Максимова Р.Б., Максуткин С.А. / Zamyatin S.A., Maksimova R.B., Maksutkin S.A.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРОРОСТИМ НА КАРТОФЕЛЕ / EFFICIENCY OF USING BIOLOGICAL PREPARATIONS *PROROSTIM* ON POTATOES
- 26** Ханиева И.М., Бозиев А.Л., Кажаров З.А. и др. / Khanieva I.M., Boziev A.L., Kazharov Z.A. et al.
ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ И СИМБИОТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЕВОВ СОИ / INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS AND MICROELEMENTS ON INDICATORS OF PHOTOSYNTHETIC AND SYMBIOTIC ACTIVITY OF SOYBEAN CROPS
- 31** Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А. / Sedov E.N., Yanchuk T.V., Korneeva S.A.
ЭТАПЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОРТИМЕНТА ЯБЛОНИ В РОССИИ / STAGES OF IMPROVING THE APPLE TREE ASSORTMENT IN RUSSIA
- 36** Гайнатулина В.В., Хасбиуллин Р.А., Хасбиуллина О.И. / Gainatulina V.V., Khasbiullin R.A., Khasbiullina O.I.
РАЗВИТИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ СОРТОВ КАМЧАТСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ / DEVELOPMENT AND FORMATION OF PRODUCTIVITY OF POTATO VARIETIES OF KAMCHATKA BREEDING DEPENDING ON THE ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY
- 41** Гаджимустапаева Е.Г., Куркиев К.У. / Gadzhimustapaeva E.G., Kurkiev K.U.
АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ РУККОЛЫ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН / AGROBIOLOGICAL EVALUATION AND PRODUCTIVITY OF ARUCOLA VARIETIES IN THE DAGESTAN REPUBLIC
- 45** Галашева А.М., Семин И.В., Ожерельева З.Е. / Galasheva A.M., Semin I.V., Ozhereleva Z.E.
АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ СОРТОВ ЯБЛОНИ И СЕЯНЦЕВ АЙВЫ ОБЫКНОВЕННОЙ / ADAPTIVE POTENTIAL OF SEED CROPS ON THE EXAMPLE OF APPLE TREE VARIETIES, QUINCE SEEDLINGS
- 52** Абиляфазова Ю.С. / Abilfazova Yu.S.
СОДЕРЖАНИЕ САХАРОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПЛОДАХ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ПЕРСИКА И НЕКТАРИНА В СУБТРОПИКАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ / CONTENT OF SUGARS AND ORGANIC ACIDS IN FRUITS OF INTRODUCED VARIETIES OF PEACH AND NECTARINE IN THE SUBTROPICS OF KRASNODAR REGION
- 55** Ступин А.С., Левин В.И. / Stupin A.S., Levin V.I.
КОМПЛЕКСНАЯ АНТИСТРЕССОВАЯ ЗАЩИТА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ КОНТРАСТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ / COMPREHENSIVE ANTI-STRESS PROTECTION OF GRAIN CROPS UNDER CONTRASTING WEATHER CONDITIONS

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ / FARMING

- 61** Савченко Е.С., Лукин С.В. / Savchenko E.S., Lukin S.V.
УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ / MANAGEMENT OF SOIL ORGANIC MATTER REGIME IN BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE
- 66** Митрофанов Ю.И. / Mitrofanov Yu.I.
ДЕЙСТВИЕ ПРИЕМОВ И СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДИНАМИКУ ГУМУСА В ОСУШАЕМОЙ ПОЧВЕ / INFLUENCE OF PRIMARY SOIL CULTIVATION METHODS AND SYSTEMS ON THE DYNAMICS OF HUMUS IN DRAINED SOIL

- 72** Фомичёва Н.В., Смирнова Ю.Д., Рабинович Г.Ю. / Fomicheva N.V., Smirnova Yu.D., Rabinovich G.Yu.
ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ / EFFECT OF PREPARATIONS ON MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND
YIELD OF SPRING WHEAT DEPENDING ON WEATHER CONDITIONS

● НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES

- 78** Сутула Г.И., Лоскутов С.И., Ситнов В.Ю. / Sutula G.I., Loskutov S.I., Sitnov V.Yu.
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ ДНК ИЗ ЛИЧИНОК *HERMETIA ILLUCENS* / COMPARISON OF METHODS OF DNA
EXTRACTION FROM *HERMETIA ILLUCENS* LARVAE

● ЗООТЕХНИКА / ZOOTECHNICS

- 83** Холодилина Т.Н., Нечитайло К.С., Мелех А.А. / Kholodilina T.N., Nechitailo K.S., Melekh A.A.
ВЛИЯНИЕ СОЭКСТРУЗИИ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ И КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ НА СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ
ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ / INFLUENCE OF WHEAT BRAN AND CALCIUM CARBONATE COEXTRUSION ON THE
COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE OF BROILER CHICKENS
- 89** Швыдков А.Н., Себежко О.И., Калмыкова А.И. и др. / Shvydkov A.N., Sebezko O.I., Kalmykova A.I. et al.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТАБОЛИТНОГО ПРОБИОТИКА БИОСИБ МЕТАПРО НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА
У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ / ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE METABOLITIC PROBIOTIC BIOSIB METAPRO ON
PROTEIN METABOLISM INDICATORS IN BROILER CHICKENS
- 96** Карелина Т.К., Стрельцова Е.А., Тюгаева Т.В., Косовский Г.Ю. / Karelina T.K., Streltsova E.A., Tyugaeva T.V.,
Kosovsky G.Yu.
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КРОЛИКОВ ПОРОДЫ БЕЛЫЙ ВЕЛИКАН
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ / RATIONAL USE OF THE GENETIC POTENTIAL OF THE DOMESTIC SELECTION
WHITE GIANT BREED

● ВЕТЕРИНАРНАЯ ЭНТОМОЛОГИЯ / VETERINARY ENTOMOLOGY

- 102** Фёдорова О.А. / Fedorova O.A.
МОШКИ (*DIPTERA, SIMULIIDAE*) КАК БИОИНДИКАТОРЫ ВОДОЕМОВ / MIDGES (*DIPTERA, SIMULIIDAE*) AS
BIOINDICATORS OF WATER BODIES
- 104** Фёдорова О.А. / Fedorova O.A.
ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ БИОТОПИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРОВОСОСУЩИХ МОШЕК (*DIPTERA: SIMULIIDAE*)
В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕНОСЧИКОВ ТУЛЯРЕМИИ / FEATURES OF BLOOD-SUCKING
MISCELLANEOUS FLIES (*DIPTERA: SIMULIIDAE*) BIOTOPIC DISTRIBUTION IN THE TYUMEN REGION AS POTENTIAL
VECTORS OF TULAREMIA

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

- 108** Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Сибирёв А.В. и др. / Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S., Sibirev A.V. et al.
РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ
КАРТОФЕЛЯ / RESULTS OF LABORATORY AND FIELD STUDIES OF THE SEPARATING SYSTEM OF A POTATO HARVESTING
MACHINE

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

Подписано к печати 00.00.2024. 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.

СИМБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА ПРИ ДОБАВЛЕНИИ ЗООГУМУСА В СУБСТРАТ*

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

Алла Ивановна Якубовская³, кандидат биологических наук

Денис Дмитриевич Мешеряков⁴, инженер-исследователь

Ирина Алексеевна Каменева³, кандидат сельскохозяйственных 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

³ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Россия

⁴Индивидуальный предприниматель «Led for Plant», г. Красноярск, Россия

E-mail: puhalskyan@gmail.com

Аннотация. Цель работы — изучить влияние различных технологий применения удобрений на процессы роста, синтеза фотосинтетических пигментов, образования клубеньков и динамику изменения их нитрогеназной активности у разных сортов люпина (белый, узколистный). Акцент в работе был смещен на дополнительный положительный эффект, получаемый от внесения в люпино-ризобийный агроценоз жидкого экстракта зоогумуса черной львинки (*Hermetia illucens*). Установлено, что более отзывчивым на органо-микробное воздействие оказался люпин узколистный, прибавка биомассы в среднем по вариантам составила 36%, по сравнению с контролем. На люпине белом она достигла лишь 9%. По накоплению вегетативной биомассы люпин белый превалировал над узколистным во всех вариантах опыта в среднем в три раза. Однако при небольшом увеличении в весе, люпин узколистный показал повышенный синтез общего хлорофилла. В среднем прибавка по нему от воздействия органо-микробного консорциума — 19%. Зафиксировано положительное влияние зоогумуса на фоне инокуляции, что отразилось в повышении количества, массы и нитрогеназной активности сформированных клубеньков по фазам вегетации. Между данными показателями обнаружена прямая корреляционная взаимосвязь. Наибольший пик в фиксации на обоих видах в фазе бутонизации — 17059 ($C_2H_4/g^{-1} h^{-1} nmol$) (белый люпин) и 2719 ($C_2H_4/g^{-1} h^{-1} nmol$) (узколистный). По мере созревания у обоих видов сокращалось количество клубеньков и снижался процесс симбиотической азотфиксации. Полученные результаты свидетельствуют о положительном действии зоогумуса *H. illucens* на изученные показатели и позволяют рекомендовать использование его жидких экстрактов при возделывании люпина.

Ключевые слова: люпин, зоогумус, *Bradyrhizobium lupini*, симбиотическая активность, нитрогеназная активность, клубеньки

SYMBIOTIC ACTIVITY OF LUPIN WHEN ADDING ZOOHUMUS TO THE SUBSTRATE

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

A.I. Yakubovskaya³, PhD in Biological Sciences

D.D. Meshcheryakov⁴, Research Engineer

I.A. Kameneva³, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

¹All-Russian Research Institute of Food Additives — branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbatoeva, St. Petersburg, Russia

²Agrophysical Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences, St. Petersburg, Russia

³Federal State Budgetary Institution "Research Institute of Agriculture of Crimea", Simferopol, Russia

⁴Individual entrepreneur "Led for Plant", Krasnoyarsk, Russia

E-mail: puhalskyan@gmail.com

Abstract. The aim of the work was to study the effect of various fertilization technologies on the processes of growth, synthesis of photosynthetic pigments, nodule formation and the dynamics of changes in their nitrogenase activity in different varieties of lupine (white and narrow-leaved). The emphasis in the work was shifted to the additional positive effect obtained from the introduction of a liquid extract of black soldier fly zoohumus (*Hermetia illucens*) into the lupine-rhizobial agroecosystem. According to the biomass indicators, it was found that narrow-leaved lupine was more responsive to the organo-microbial effect, the increase in which, on average, by variants amounted to 36%, compared to the control. On white lupine, it reached only 9%. It should be noted that in terms of vegetative biomass accumulation, white lupine prevailed over narrow-leaved lupine in all experimental variants by an average of 3 times. However, with a relatively small increase in weight, narrow-leaved lupine showed an increased synthesis of total chlorophyll. On average, the increase in it from the effect of the organomicrobial consortium was 19%. Regarding the values of symbiotic activity, a positive effect of zoohumus was recorded against the background of inoculation, which was reflected in an increase in the number, weight and nitrogenase activity of formed nodules in the vegetation phases. A direct correlation was found between these indicators. The highest peak in fixation for both species occurred at the budding phase, amounting to 17059 $C_2H_4/g^{-1} h^{-1} nmol$ for white

* 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).

*lupine and 2719 C₂H₄/g⁻¹ h⁻¹ for narrow-leaved lupine. As both lupine species matured, the number of nodules decreased and the process of symbiotic nitrogen fixation decreased. The results obtained indicate a positive effect of *H. illucens* zoohumus on the studied indicators and allow us to recommend the use of its liquid extracts in lupine cultivation.*

Keywords: *lupine, zoohumus, Bradyrhizobium lupini, symbiotic activity, nitrogenase activity, nodules*

По литературным данным род *Lupinus* L. включает от 100 до 1000 видов, отличающихся большим разнообразием. В России интерес к их возделыванию возник в конце девятых годов прошлого столетия. [5]

Все виды люпина, в особенности белого (*Lupinus albus*), способны расти на относительно бедных почвах. Из-за высокосинхронной, скоординированной экспрессии генов у растений происходит разрастание корневых кластеров. [5, 13, 14, 16, 18] Они увеличивают контактную площадь соприкосновения корней с ризосферой, а также повышают выделение органических кислот (экзометаболиты), которые меняют кислотность прикорневой зоны до pH=6,0, активизируя действие фосфатмобилизирующих бактерий и способствуя лучшему использованию данного элемента из субстрата. [11, 17] Кроме того, низкое плодородие почв стимулирует симбиотическую активность растений, что сводит к минимуму ингибирующее воздействие недостатка в азоте. [9] Дополнительная предпосевная инокуляция семян эффективными штаммами клубеньковых ризобактерий рода *Bradyrhizobium* благоприятно сказывается на данном процессе. [12, 15] Косвенными показателями улучшения симбиотической эффективности полученного бобово-ризобияльного симбиоза служат повышение интенсивности образования клубеньков и нитрогеназной активности. По мнению И.А. Тихоновича и Н.А. Проворова наиболее активно фиксация молекулярного азота происходит в том случае, если она сопряжена с фотосинтезом. У детерминантных сортов значения данных показателей достигают максимального уровня к началу бутонизации, постепенно снижаются к фазе цветения и резко нивелируются при созревании, когда действие внесенных ризобий заканчивается в связи со сформированным потенциальным урожаем. Для сохранения внесенного бактериального компонента часто применяют органические добавки в виде суспензий, содержащих гуминовые кислоты, служащие дополнительным источником питания и стабилизатором концентрации инокулянта в среде. Растение имеет от 20 до 40% неиспользованного потенциала, который можно реализовать с помощью внесения регуляторов роста.

В Центральном Нечерноземье и северных регионах, помимо люпина белого, все большую популярность к возделыванию набирает люпин узколистный (*Lupinus angustifolius*). [8] В 2016 году в севообороте страны он занимал второе место. [3] Вид — более устойчивый к антракнозу и толерантен к кислым почвам. Комплексные работы по созданию его высокопродуктивных сортов в России начаты лишь с конца прошлого столетия. [1, 7] Вследствие отсутствия ветвления детерминантные сорта не выдерживают конкуренции с сорным компонентом агроценоза. [6] Поэтому для оптимизации питания и адаптации симбиосистем на его основе к условиям региона также внедряют приемы помощи растениям по выходу их из стресса, путем обработки посевов ростостимулирующими биопрепаратами и органическими удобрениями, содержащими

макро- и микроэлементы в легкодоступной (хелатная) форме. [10]

В условиях биологизации земледелия для люпина и других бобовых культур идет постоянный поиск новых источников органического сырья. Среди современных удобрений можно выделить зоогумус — вторичный продукт, получаемый в результате жизнедеятельности насекомых черной львинки (*Hermetia illucens*), в процессе переработки ими отходов 3...4 класса опасности. По содержанию биогенных элементов и органического вещества продукт не уступает сухому птичьему помету и вермикомпосту. При этом экспериментов с его участием на сельскохозяйственных культурах недостаточно.

Цель работы — изучение влияния жидкого экстракта зоогумуса на формирование параметров люпино-ризобияльной симбиосистемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — люпин белый *Дега* и узколистный *Орловский*. Растения выращивали в закрытом грунте на площади 1,5×3,0×3,0 м при температуре воздуха 28°C и влажности 60%. Источник освещения — две современные LED-панели по 550 Вт (1100 Вт на бокс) с возможностью диммирования (LEDForPlant, Россия), обеспечивающие уровень досветки 36 800 Лк или 551,7 ммоль/м²/с ФАР. Фотопериод — 16 ч/8 ч (день/ночь).

Почва — залежная дерново-подзолистая слабооккультуренная, отобранная из пахотного горизонта вблизи деревни Куйдузи (Гатчинский район, Ленинградская обл.), характеризуется слабой обеспеченностью фосфором (18 мг/кг сухой почвы) и средней калием (52 мг/кг сухой почвы), определенных по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91). Содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91) — 1,41%, pH_{KCl} — 5,5 (ГОСТ 26483-85).

Семена (четыре штуки) высевали в сосуды Митчерлиха с массой абсолютно сухой почвы 5 кг по классической методике закладки вегетационного опыта. [4] Для инокуляции семян использовали селекционный штамм *Bradyrhizobium lupini* (ФГБГУ ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург). В варианте с дополнительной добавкой зоогумуса брали 0,2% (2000 ppm) экстракт с нейтральной реакцией среды. Органическую добавку вносили в почву однократно при посеве инокулированных семян. Влажность субстрата (60% общей влагоемкости) на протяжении всего периода вегетации поддерживали весовым методом прикорневым поливом фильтрованной водой через сутки. В контроле растения выращивали без инокуляции и органики на фильтрованной воде. Повторность по вариантам — двенадцатикратная. В фазах бутонизации (55 сут.), цветения (63 сут.) и начала технической спелости (82 сут.) анализировали морфометрические и физиологические показатели зеленой биомассы симбиосистемы. Корни взвешивали отдельно. Для этого из опыта каждый раз изымали по четыре сосуда. Общий срок вегетации — 82 сут.

Динамику изменения нитрогеназной активности в клубеньках люпина измеряли ацетиленредуктазным методом на цельных корневых системах с помощью газового хроматографа GC-2014 (Shimadzu, Япония), оснащенного насадочными колонками, заполненными сорбентом АСМ и пламенно-ионизационным детектором нового поколения, обеспечивающим надежный и высокоточный анализ следовых количеств веществ. [2] Инертный газ-носитель — азот. При подготовке к анализу интактные корни помещали в стеклянные сосуды на 100 мл, далее в каждый сосуд шприцом вводили по 10 мл ацетилена и инкубировали в термостате в течение часа при 28°C. Полученные данные на хроматограмме выражали в нМ образующегося этилена (C_2H_4) на единицу сырого веса отделенных после анализа клубеньков (г) в единицу времени инкубации (ч), подсчитывали количество клубеньков, сформировавшихся на корнях растений в каждой фазе вегетации культуры.

Содержание общего хлорофилла в листьях измеряли в конце эксперимента фотокolorиметрически на спектрофотометре UV-2700 (Shimadzu, Япония) при длинах волн 663 (OD 663) и 645 нм (OD 645) согласно РД 52.24.784-2013, ГОСТ 17.1.4.02-90. Для этого смешанную аликвоту 1,0 г сырой навески экстрагировали в темноте при комнатной температуре в течение 24 ч в 10 мл 80% аммиачного ацетона. Приготовленный гомогенат центрифугировали (4000 об/мин) 10 мин. (модель Sigma 2-6) и фильтровали. Супернатант переливали в колбу на 25 мл, доводили до метки 80% ацетоном и в полученной жидкости определяли содержание фотосинтетических пигментов (мг хлорофилла/100 г образца).

Экспериментальные данные обрабатывали с помощью статистического пакета Microsoft Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что положительный эффект от применения инокуляции семян и внесения органических удобрений начал проявляться с начальных фаз развития обоих сортов люпина и сохранялся до момента съема опыта. В динамике роста и развития сухая биомасса растений непрерывно нарастала. Закономерно, что минимальные показатели накопления сухого вещества зафиксированы в контроле, в среднем по трем изученным фазам вегетации инокуляция увеличивала массу воздушно-сухого вещества у узколистного люпина на 40%. Для белого люпина повышение веса было незначительным — 6% к контролю. Дополнительное обогащение симбиосистемы узколистного люпина органикой не сказалось на его весе, тогда как в агробиоценозе люпина белого привело к прибавке в массе на 5%. Наибольшая прибавка в весе для обоих видов отмечена в фазе бутонизации (рис. 1).

По накоплению зеленой биомассы белый люпин во всех вариантах за вегетацию превосходил узколистный в среднем в три раза.

Оценка высоты побегов показала, что внесение зоогумуса и биопрепарата также инициировало линейный рост растений. Наибольшие показатели были на органо-микробном фоне. Под конец вегетации оба вида достигли высоты 50 см, что на 17% превышало значения контрольных растений люпина узколистного и 6% белого.

Важный биологический критерий при отборе высокоурожайных сортов для их дальнейшей селекции — отношение биометрических значений корня к стеблю. Поэтому дополнительно производили учет веса корней. Вариация биомассы побегов у бобовых в разных фазах вегетации была высокой, масса корней — посто-

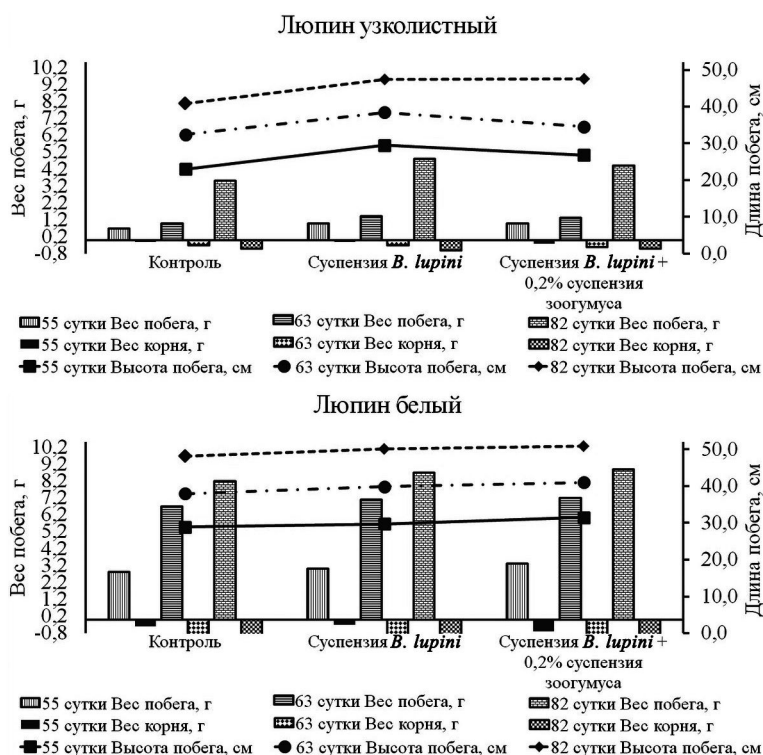


Рис. 1. Влияние суспензии зоогумуса на динамику изменения морфометрических показателей люпино-ризобияльного симбиоза по вариантам опыта.

янной. Наибольшие их значения сохранялись на протяжении всего эксперимента в варианте с внесением органики и бактерий.

Поскольку почву предварительно не стерилизовали, чтобы не изменять ее физических свойств, в контроле на корнях наблюдали появление небольшого числа клубеньков (см. таблицу). Однако фиксированный ими этилен не учитывали в расчетах и приравнивали к эндогенному. Наибольшее количество клубеньков для обоих видов отмечено с органо-микробным фоном. Причем после цветения по мере перехода растения к формированию плодов, их количество резко снижалось. Так как важный показатель азотфиксиру-

ющей способности люпина — масса клубеньков, учет наибольшего ее значения прямо коррелировал с их количеством и показал высокий результат в варианте с органо-микробным консорциумом.

Изучение симбиотических показателей люпина свидетельствует о стимулирующем влиянии экспериментальных препаратов (рис. 2). Удобрения обеспечили интенсификацию процесса накопления азота в клубеньках. В варианте с дополнительным внесением зоогумуса показатели были немного выше. Наибольший пик в фиксации — во время бутонизации. По показателям лидировал люпин белый.

Оценка показателей фотосинтетической деятельности листового аппарата растений люпина узколистного под конец вегетации показала, что несмотря на существенный уровень увеличения веса зеленой биомассы, в варианте с органикой и биопрепаратом, по сравнению с контролем, значения накопления общего хлорофилла во всех вариантах были равнозначны (рис. 3).

На белом люпине прибавка от действия инокулянта составила 16 и 22% с дополнительной добавкой зоогумуса. Можно сделать предположение, что для активации работы фотосинтетического аппарата и повышенного синтеза общего хлорофилла у сорта *Дега* при данных условиях питательно режима и уровня освещения не потребовался дополнительный набор в весе.

Выводы. Биомасса растений считается одним из наиболее важных и надежных критериев оценки продуктивности формируемого урожая сельскохозяйственных культур. С усилением питания ее увеличение наблюдалось лишь на люпине белом. В целом по оценке морфометрических параметров растений, по сравнению с контролем, люпин узколистный оказался более отзывчивым на органо-микробное воздействие под конец вегетации. Вес побега вырос на 36%. Повышение качества получаемой биомассы отмечено у обоих видов.

Разрастание корневой системы в варианте с органо-микробным фоном указывает на улучшение питательного режима и водопотребления растений. Увеличение контактной площади сопряжено с ростом числа клубеньков и нитрогеназной активности, которое связано с повышением синтеза фотосинтетических пигментов.

Таким образом, обработка семян бактериальным препаратом штамма *B. lupini* перед посевом и дополнительное внесение органического удобрения в виде экстрактов зоогумуса *H. illucens* в субстрат позволяет достигнуть максимального уровня функционирования симбиотического аппарата растений люпина, режима питания, а также повышения его физиологической активности и нормы урожая.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Агеева П.А., Почутин Н.Л. Реализация биологического потенциала культуры узколистного люпина селекционным путем // Кормопроизводство. 2005. № 6. С. 6–8.
- Алисова С.М., Чундерова С.М. Методические указания по использованию ацетиленового метода при селекции бобовых культур на повышение азотфиксации. Л., 1982. 11 с.
- Артюхов А.И., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В. Люпин — селекция и адаптация в агроландшафты России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 59. С. 51–60.

Влияние зоогумуса на массу и количество клубеньков люпина

Вариант	Люпин узколистный			Люпин белый		
	сутки					
	55-е	63-и	82-е	55-е	63-и	82-е
Масса клубеньков, г/раст.						
Контроль	0,02	0,03	0,03	0,01	0,04	0,05
Суспензия <i>B. lupini</i>	0,44	0,33	0,22	0,58	0,28	0,12
Суспензия <i>B. lupini</i> + 0,2% суспензия зоогумуса	0,58	0,44	0,18	0,57	0,47	0,19
Количество клубеньков, ед/раст.						
Контроль	2,0	4,0	4,0	3,0	5,0	6,0
Суспензия <i>B. lupini</i>	52,0	39,0	26,0	64,0	31,0	13,0
Суспензия <i>B. lupini</i> + 0,2% суспензия зоогумуса	69,0	53,0	22,0	56,0	47,0	19,0

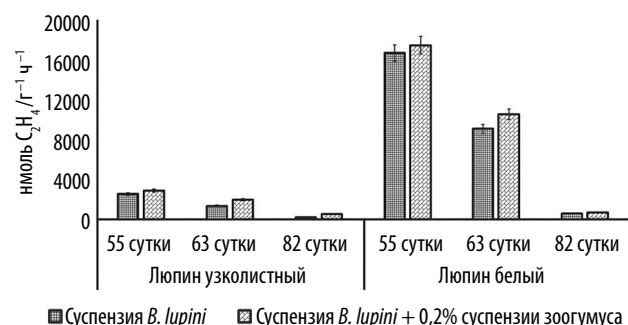


Рис. 2. Влияние суспензии зоогумуса на нитрогеназную активность люпино-ризобияльного симбиоза по фазам вегетации.

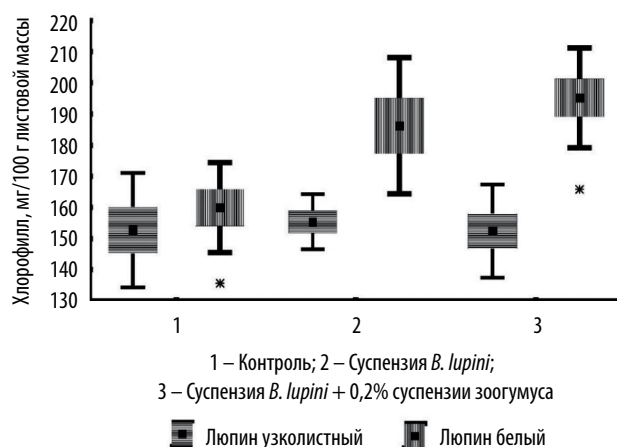


Рис. 3. Влияние суспензии зоогумуса на содержание общего хлорофилла в листьях люпино-ризобияльной симбиосистемы в конце опыта.

4. Доспехов В.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Кононов А.С. Люпин: технология возделывания в России. Брянск, 2003. 211 с.
6. Конончук В.В., Никиточкин Д.Н., Тимошенко С.М. и др. Зерновая продуктивность и азотфиксирующая способность люпина узколистного в зависимости от норм высева, удобрений и применения гербицидов при разных погодных условиях в центре нечерноземной зоны России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 2 (38). С. 104–114.
<https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-2-104-114>
7. Купцов Н.С., Миронова Г.П. Селекция сладких сортов – очередной этап узколистного люпина // Кормопроизводство. 2005. № 6. С. 8–10.
8. Орлова А.Г., Рапина О.Г. Сравнительная продуктивность различных сортов люпина белого в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 17–22. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-14017>
9. Парахин Н.В., Петрова С.Н. Сельскохозяйственные аспекты симбиотической азотфиксации. М.: Колос, 2006. 151 с.
10. Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 37–40.
11. Цыгуткин А.С., Блинникова В.Д., Кауфман А.Л. и др. Об оптимальном значении кислотности раствора при прорастании семян белого люпина (*Lupinus albus* L.) // Природообустройство. 2016. № 1. С. 91–97.
12. Fernández-Pascual M., Pueyo J.J., de Felipe M.R. et al. Singular Features of the Bradyrhizobium-Lupinus Symbiosis // Dynamic Soil, Dynamic Plant. 2007. No. 1. P. 1–16.
13. Lambers H., Shane M.W., Cramer M.D. et al. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: Matching morphological and physiological traits // Annals of Botany. 2006. No. 98. P. 693–713.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcl114>
14. Neumann G., Massonneau A., Langlade N. et al. Physiological aspects of cluster root function and development in phosphorus-deficient white lupin (*Lupinus albus* L.) // Annals of Botany. 2000. No. 85. P. 909–919.
<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1135>
15. Peix A., Ramírez-Bahena M.H., Flores-Félix J.D. et al. Revision of the taxonomic status of the species *Rhizobium lupini* and reclassification as *Bradyrhizobium lupini* comb. nov // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2015. 65 (Pt 4). P. 1213–1219.
<https://doi.org/10.1099/ij.s.0.000082>
16. Pueyo J.J., Quiñones M.A., Coba de la Peña T. et al. Nitrogen and Phosphorus Interplay in Lupin Root Nodules and Cluster Roots // Frontiers in Plant Science. 2021. No. 12. 644218. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644218>
17. Schulze J., Temple G., Temple S.J. et al. Nitrogen Fixation by White Lupin under Phosphorus Deficiency // Annals of Botany. 2006. 98(4). P. 731–740.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcl154>
18. Wang X., Ding W., Lambers H. Nodulation promotes cluster-root formation in *Lupinus albus* under low phosphorus conditions // Plant and Soil. 2019. No. 439. P. 233–242.
<https://doi.org/10.1007/s11104-018-3638-1>

REFERENCES

1. Ageeva P.A., Pochutina N.L. Realizaciya biologicheskogo potenciala kul'tury uzkolistnogo lyupina selekcionnym putem // Kormoproizvodstvo. 2005. № 6. S. 6–8.
2. Alisova S.M., Chunderova S.M. Metodicheskie ukazaniya po ispol'zovaniyu acetilenovogo metoda pri selekcii bobovyh kul'tur na povyshenie azotfiksacii. L., 1982. 11 s.
3. Artyuhov A.I., Lukashevich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V. Lyupin – selekciya i adaptaciya v agrolandshafty Rossii // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 59. S. 51–60.
4. Dospekhov V.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Kononov A.S. Lyupin: tekhnologiya vozdelvaniya v Rossii. Bryansk, 2003. 211 s.
6. Kononchuk V.V., Nikitochkin D.N., Timoshenko S.M. i dr. Zernovaya produktivnost' i azotfiksiruyushchaya sposobnost' lyupina uzkolistnogo v zavisimosti ot norm vyseva, udobrenij i primeneniya gerbicidov pri raznyh pogodnyh usloviyah v centre nechernozemnoj zony Rossii // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 2 (38). S. 104–114.
<https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-2-104-114>
7. Kupcov N.S., Mironova G.P. Selekcija sladkih sortov – ocherednoj etap uzkolistnogo lyupina // Kormoproizvodstvo. 2005. № 6. S. 8–10.
8. Orlova A.G., Rapina O.G. Sravnitel'naya produktivnost' razlichnyh sortov lyupina belogo v usloviyah Leningradskoj oblasti // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 57. S. 17–22.
<https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-14017>
9. Parahin N.V., Petrova S.N. Sel'skohozyajstvennye aspekty simbioticheskoy azotfiksacii. M.: Kolos, 2006. 151 s.
10. Persikova T.F., Radkevich M.L. Vliyanie mikroelementov, reguljatorov rosta rastenij i bakterial'nyh udobrenij na pokazateli struktury urozhajnosti lyupina uzkolistnogo // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 2. S. 37–40.
11. Cygutkin A.S., Blinnikova V.D., Kaufman A.L. i dr. Ob optimal'nom znachenii kislotnosti rastvora pri prorastanii semyan belogo lyupina (*Lupinus albus* L.) // Prirodoobustrojstvo. 2016. № 1. S. 91–97.
12. Fernández-Pascual M., Pueyo J.J., de Felipe M.R. et al. Singular Features of the Bradyrhizobium-Lupinus Symbiosis // Dynamic Soil, Dynamic Plant. 2007. No. 1. P. 1–16.
13. Lambers H., Shane M.W., Cramer M.D. et al. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: Matching morphological and physiological traits // Annals of Botany. 2006. No. 98. P. 693–713.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcl114>
14. Neumann G., Massonneau A., Langlade N. et al. Physiological aspects of cluster root function and development in phosphorus-deficient white lupin (*Lupinus albus* L.) // Annals of Botany. 2000. No. 85. P. 909–919.
<https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1135>
15. Peix A., Ramírez-Bahena M.H., Flores-Félix J.D. et al. Revision of the taxonomic status of the species *Rhizobium lupini* and reclassification as *Bradyrhizobium lupini* comb. nov // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2015. 65 (Pt 4). P. 1213–1219.
<https://doi.org/10.1099/ij.s.0.000082>
16. Pueyo J.J., Quiñones M.A., Coba de la Peña T. et al. Nitrogen and Phosphorus Interplay in Lupin Root Nodules and Cluster

- Roots // *Frontiers in Plant Science*. 2021. No. 12. 644218. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644218>
17. Schulze J., Temple G., Temple S.J. et al. Nitrogen Fixation by White Lupin under Phosphorus Deficiency // *Annals of Botany*. 2006. 98(4). P. 731–740. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl154>
18. Wang X., Ding W., Lambers H. Nodulation promotes cluster-root formation in *Lupinus albus* under low phosphorus conditions // *Plant and Soil*. 2019. No. 439. P. 233–242. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3638-1>

Поступила в редакцию 01.09.2024

Принята к публикации 15.09.2024

УДК 633.111.1«321»:631.527:631.526.32

DOI: 10.31857/S2500208224060026, EDN: WVBGII

ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ *КИНЕЛЬСКАЯ УДАЧА* ДЛЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ УСЛОВИЙ СРЕДНЕВОЛЖСКОГО И УРАЛЬСКОГО РЕГИОНОВ

Елена Анатольевна Дёмина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Татьяна Юрьевна Таранова, младший научный сотрудник

Светлана Евгеньевна Роменская, младший научный сотрудник

Александр Иванович Кинчаров, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова, г. Кинель, Самарская обл., Россия

E-mail: elena_pniiss@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты селекционной работы по созданию нового сорта яровой мягкой пшеницы *Кинельская удача* в 2019–2023 годах в лесостепной зоне Самарской области. Метеоусловия вегетации были засушливые: ГТК в 2019 году составил 0,48, 2020 – 0,52, 2021 – 0,39, 2022 – 0,62, 2023 – 0,41, среднемноголетняя норма – 0,73. Селекционную работу проводили согласно Методике государственного сортоиспытания. Сравнивали новый сорт со стандартом Тулайковская надежда и районированным Кинельская юбилейная. Новый сорт показал стабильно высокую урожайность зерна по годам исследований 2,24–4,34 т/га (средняя – 3,19 т/га), средняя прибавка над стандартом – 0,37 (13,1), Кинельской юбилейной – 0,12 т/га (3,9%). Адаптивность нового сорта – 106,1%, что выше стандарта на 12,7% и Кинельской юбилейной – 3,9%. Продуктивная кустистость высокая – 2,0 шт. (у стандарта – 1,6 шт.), стабильно высокая по годам сила муки – 353–503 е.а. (412 е.а.), натура зерна – 811–848 г/л (823 г/л), содержание клейковины в зерне – 26,8–33,6% (28,5%), вторая группа качества (ИДК – 87 ед.). Содержание белка в зерне – 13,4–15,9% (14,2%). Общая хлебопекарная оценка сорта высокая (4,4 балла), устойчив к патогенам, засухоустойчив (5 баллов), устойчив к полеганию (4,3 балла), осыпанию зерна (5 баллов) и его прорастанию на корню (5 баллов). Предназначен для производства продовольственного зерна высокого качества. Сорт проходит Государственное испытание по Средневолжскому и Уральскому регионам РФ с 2024 года.

Ключевые слова: Самарская область, яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), селекция, новый сорт, продуктивность, качество зерна, адаптивность

HIGHLY PRODUCTIVE SOFT SPRING WHEAT *KINELSKAYA UDACHA* VARIETY FOR FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA AND URAL REGIONS

E.A. Demina, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher

T.Yu. Taranova, Junior Researcher

S.E. Romenskaya, Junior Researcher

A.I. Kincharov, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

Samara Federal Research Scientific Center of RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P.N. Konstantinov, Kinel, Samara region, Russia

E-mail: elena_pniiss@mail.ru

Abstract. The results of breeding work on the creation of a new variety of soft spring wheat *Kinelskaya Udacha* are presented. The research was conducted in 2019–2023 in the forest-steppe zone of the Samara region. The weather conditions of the vegetation were diverse, but in general they were quite arid: the hydrothermal moisture coefficient in 2019 was 0.48, 2020 – 0.52, 2021 – 0.39, 2022 – 0.62, 2023 – 0.41, the average annual norm was 0.73. The selection work was carried out according to the Methodology of the state variety testing. The comparison of the new variety was carried out with the Tulaykovskaya Nadezhda standard and the zoned Kinelskaya Yubileynaya variety. The Kinelskaya Udacha variety showed a consistently high grain yield over the years of research of 2.24–4.34 t/ha (on average 3.19 t/ha), the average increase over the Tulaykovskaya Nadezhda standard was 0.37 t/ha (13.1%), over the Kinelskaya Yubileynaya variety – 0.12 t/ha (3.9%). The adaptability of the new variety is 106.1%, which is 12.7% higher than the standard and the Kinelskaya Yubileynaya variety by 3.9%. Productive bushiness is high, on average 2.0 pcs. (the standard has 1.6 pcs.). It was characterized by consistently high flour strength of 353...503 e.a. (on average 412 e.a.), high grain size of 811–848 g/l (on average 823 g/l), and high gluten content in grain of 26.8–33.6% (on average 28.5%) of the second quality group (in an average of 87 units. IDK). The protein content in the grain is 13.4–15.9% (average 14.2%). The overall baking grade is

high — 4.4 points. It has complex resistance to pathogens and high drought resistance (5 points), resistant to lodging (4.3 points), grain shedding (5 points) and its germination on the root (5 points). It is designed for the production of high-quality food grains. The variety has been undergoing State testing in the Middle Volga and Ural regions of the Russian Federation since 2024.

Keywords: Samara region, soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.), breeding, new variety, productivity, grain quality, adaptability

Яровая мягкая пшеница — важный элемент современной зерновой отрасли России, который отвечает за обеспечение ее продовольственной безопасности. В 2023 году посевные площади под ней в Российской Федерации составляли 14,1 млн га (50,8% общей площади посева яровых зерновых), в том числе в Средневолжском регионе производственные площади под культурой достигали 1,2, Уральском — 3,7 млн га. [15] Повышение эффективности зерновой отрасли, а также стабилизация производства зерна по годам зависят от наличия адаптивных и экологически пластичных новых сортов, способных наиболее полно реализовать генетический потенциал высокой продуктивности и качества зерна в различных условиях среды. [1, 4, 8] Генетическая основа сорта — главный фактор, определяющий его урожайность. [16]

В настоящее время селекция на продуктивность и качество зерна ведется классическими методами. [7] Существует мнение, что повысить урожайность культуры в будущем (на 3...15%) возможно при выращивании гибридной пшеницы. [18]

В поиске путей повышения продуктивности сортов большое значение имеет изучение взаимодействия генотипа с окружающей средой. [12, 14] Агроэкологическая адаптированность генотипов дает представление о разнообразии их откликов на изменение агроклиматических условий среды, позволяет сделать вывод об уровне стабильности сортов и их отзывчивости на улучшение условий выращивания. [3, 10]

Стараниями селекционеров РФ получены и включены в Государственный реестр новые сорта яровой мягкой пшеницы, способные ежегодно формировать стабильно высокие урожаи продовольственного зерна. [2, 5, 8, 13] Несмотря на разнообразие сортов, допущенных к использованию по Средневолжскому и Уральскому регионам, аграрное производство выдвигает новые требования к величине урожая и качеству зерна современных сортов, их адаптивности и устойчивости к стрессовым факторам.

Цель работы — создать новый высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы для лесостепных условий Средневолжского и Уральского регионов, раскрыть его основные хозяйственно ценные признаки, показатели качества зерна и адаптивность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в 2019–2023 годах на базе лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы Поволжского НИИСС — филиала СамНЦ РАН в лесостепных условиях Самарской области. Почва — чернозем типичный среднесиловый легкоголистый. Содержание питательных элементов: легкогидролизуемый азот — 28...49 мг/кг почвы (по Корнфилду), подвижный фосфор — 61...77 мг/кг (по Чирикову), обменный калий — 374...423 мг/кг (по Масловой), гумус — 5...6% (по Тюрину), pH — 5,4 ед. (по методу ЦИНАО). Делянки закладывали на полях первого селекционного севооборота, предшественник — чи-

стый пар, посев осуществляли в оптимальные сроки (I...II декада мая). Площадь делянок — 25 м², повторность четырехкратная, размещение повторностей систематическое, норма высева — 5,0 млн всх. сем./га. Посев и уборку опытных делянок проводили малогабаритной техникой (сеялка СКС-10М, комбайн САМПО-130). Агротехника — традиционная для яровой пшеницы в Самарской области.

Объект изучения — новый сорт яровой мягкой пшеницы *Кинельская удача* (в Государственном испытании с 2024 года), стандарт — *Тулайковская надежда* (в реестре с 2017), лучший районированный сорт *Кинельская юбилейная* (в реестре с 2016). В работе руководствовались методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [11] Качество зерна оценивали по методике Госкомиссии и Национальных стандартов РФ. [17] Оценивали адаптивность сортов по методикам А.А. Гончаренко и Л.А. Животкова. [6, 9]

Метеоусловия вегетации 2019–2023 годов отличались разнообразием по температурному режиму и влагообеспеченности, но в целом были достаточно засушливыми. ГТК в 2019 году — 0,48, 2020 — 0,52, 2021 — 0,39, 2022 — 0,62, 2023 — 0,41, среднееголетнее значение — 0,73. Среднесуточная температура воздуха за вегетацию: 2019 год — 19,1°C, 2020 — 19,3, 2021 — 23,0, 2022 — 19,2, 2023 — 21,2, норма — 18,1°C. Количество выпавших осадков: 2019 — 110,6 мм, 2020 — 130,5, 2021 — 111,4, 2022 — 174,9, 2023 — 106,5, среднееголетнее значение — 163 мм.

Данные статистически обрабатывали методом двухфакторного дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы «Microsoft Office Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Новый сорт яровой мягкой пшеницы *Кинельская удача* передан на Государственное испытание в 2023 году (Оригинатор селекционного достижения — ФГБУН Самарский федеральный исследовательский центр РАН, авторы: А.И. Кинчаров, Е.А. Дёмина, Т.Ю. Таранова, К.Ю. Чекмасова). Он получен методом сложной ступенчатой внутривидовой гибридизации и последующих многократных индивидуальных отборов из гибридной популяции (*Л-503* / *Тулайковская 1* // *Прохоровка*).

Селекционную работу по созданию сорта начали с гибридизации в 2006 году и в дальнейшем проводили по классической полной схеме. Родительские формы для скрещивания подбирали с выраженными хозяйственно ценными признаками, исходя из оптимальной модели будущего сорта, опираясь на эколого-географический принцип: *Л-503* (Саратов) и *Тулайковская 1* (Безенчук) — высокая продуктивность и качество зерна, *Прохоровка* (Саратов) — устойчивость к листовым грибным болезням и полеганию, среднерослость. Опыляли материнские формы твел-методом (*twirl-method*). Полученный материал отбирали по комплексу ценных признаков и морфобиологических параметров на всех этапах селекционного процесса. Элитное растение вы-

делили в 2010 году F4 методом индивидуального отбора. Главный критерий отбора линии – высокая продуктивная кустистость, длина и продуктивность колоса, масса 1000 зерен. Многократный индивидуальный отбор позволил создать выровненный стеблестой новой линии. Селекционный номер сорта в конкурсном испытании Эритроспермум 6517/24-1.

Новый сорт *Кинельская удача* относится к яровой мягкой пшенице (*Triticum aestivum* L.), ботаническая разновидность эритроспермум (*erythrospermum*) (см. рисунок, 2-я стр. обл.). Колос остистый, белый, пирамидальный, средней длины (7,5...9,5 см) и плотности (19...21 члеников на 10 см стержня). Колосковая чешуя овальная (10х3...4 мм), зубец средний, прямой (2,0...2,5 мм), плечо узкое, закругленное, киль выражен сильно. Ости длинные (7...9 см), зазубренные, светло-желтые, расходящиеся. Зерновка красная, среднего размера (6...7х3 мм), полуудлиненной формы, бороздка средняя, основание зерна опушенное.

Сорт *Кинельская удача* имеет ряд морфологических признаков и особенностей. Корневая система сорта хорошо развита. Тип куста в период кущения – полупрямостоячий, лист темно-зеленый, промежуточный, со слабым опушением и восковым налетом. Соломина толщиной 3...4 мм, прочная на излом, выполнена полностью, что обеспечивает высокую устойчивость сорта к скрытостебельным вредителям. Особенности – длина верхнего междоузлия, достигающая 40...45% высоты растения, прямостоячее положение основной массы колосьев при полном созревании, верхние и нижние колоски имеют озерненность.

У *Кинельской удаче* стабильно высокая урожайность зерна – 2,24...4,34 т/га (в среднем 3,19 т/га), что обеспечивает среднюю прибавку урожая над стандартом – 0,37 т/га (13,1%), сортом *Кинельская юбилейная* – 0,12 т/га (3,9%) (табл. 1). За 2019–2023 годы прибавки урожая зерна нового сорта над стандартом составляли 0,27...0,46 т/га (9,6...16,3%), лучшим районированным сортом – 0,02...0,19 т/га (0,7...6,2%). Исключение – засушливый 2019 год, в котором урожайность нового сорта была на уровне сорта *Кинельская юбилейная*. Наибольшая урожайность *Кинельской удаче* (4,34 т/га) получена в 2023 году при достаточном количестве выпавших осадков в период закладки колоса и формировании элементов продуктивности. Коэффициент вариации урожайности зерна нового сорта за годы исследований имел наименьшее значение (27,8%), что при максимально высоком уровне продуктивности говорит о стабильности и экологической устойчивости генотипа в условиях Самарской области.

Из-за прибавки урожайности зерна над стандартом в среднем на 0,37 т/га предполагаемый экономический эффект от возделывания нового сорта *Кинельская удача* может составить при средней цене продовольственного зерна третьего класса 12 тыс. руб./т – 4440 руб./га.

В 2023 году новый сорт *Кинельская удача* прошел производственное испытание в ООО «Возрождение 98» Волжского района Самарской области на площади 4,2 га. Получена урожайность сорта – 3,12 т/га, при средней урожайности пшеницы в Волжском районе – 2,17 т/га, в Самарской области – 2,05 т/га. Экономический эффект от возделывания нового сорта, по сравнению со средней урожайностью яровой пшеницы по Волжскому району, на площади 4,2 га и стоимости продовольственного зерна третьего класса

12 тыс. руб./т составит за минусом затрат на прибавку урожайности – 33,92 тыс. руб.

Адаптивность рассчитывали исходя из уровня полученной урожайности зерна сортов в разные по метеофакторам годы как в благоприятных условиях для вегетации (достаточное увлажнение в критические фазы), так и стрессовых (засуха). Среднесортную урожайность в конкурсном испытании конкретного года брали за 100%. Сорт *Кинельская удача* отличался высокими параметрами адаптивности и экологической устойчивости (табл. 2). Адаптивность сорта за 2019–2023 годы – 103,8...108,3% (в среднем – 106,1%), выше стандарта *Тулайковская надежда* на 12,7% и сорта *Кинельская юбилейная* – 3,9%. Высокая адаптивность нового сорта в годы с различным уровнем увлажнения говорит о его пластичности и возможности возделывать как в лесостепных, так и степных условиях Средневолжского и Уральского регионов.

Стрессоустойчивость (разность между минимальной и максимальной урожайностью зерна) у *Кинельской удаче* была ниже стандарта и сорта *Кинельская юбилейная* – -2,10. Генетическая гибкость (средняя урожайность зерна в контрастных условиях среды) у нового сорта составила 3,29 т/га, что выше стандарта на 0,31 т/га и сорта *Кинельская юбилейная* – 0,13 т/га. Высокая генетическая гибкость *Кинельской удаче* при невысоком уровне стрессоустойчивости указывает на его специфическую адаптацию. Размах урожайности говорит о стабильности сорта в конкретных агроклиматических условиях региона возделывания. Данный показатель у нового сорта был на уровне районированного.

По морфобиотипу *Кинельская удача* относится к лесостепной экологической группе. Продолжительность вегетационного периода (от всходов до полной спелости) – 83 дня, среднеспелый, созревает раньше *Тулайковской надежды* на два дня, *Кинельской юбилейной* – один (табл. 3). Период от всходов до колошения

Таблица 1.
Урожайность зерна сортов яровой мягкой пшеницы по годам

Сорт	2019	2020	2021	2022	2023	Средняя	Коэффициент вариации (V), %
<i>Кинельская удача</i>	2,24	3,59	2,35	3,41	4,34	3,19	27,8
<i>Тулайковская надежда, St</i>	1,97	3,15	2,03	2,95	3,98	2,82	29,8
<i>Кинельская юбилейная</i>	2,24	3,57	2,16	3,23	4,16	3,07	28,1
НСР ₀₅	0,09	0,11	0,08	0,08	0,12	0,14	–

Таблица 2.
Показатели адаптивности и экологической устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы, 2019–2023 годы

Сорт	Стрессоустойчивость, т/га (Y2-Y1)	Генетическая гибкость, т/га (Y1+Y2)/2	Размах урожайности, % (d)	Адаптивность, %
<i>Кинельская удача</i>	-2,10	3,29	48,4	106,1
<i>Тулайковская надежда, St</i>	-2,01	2,98	50,5	93,4
<i>Кинельская юбилейная</i>	-2,00	3,16	48,1	102,2

Таблица 3.

Хозяйственно-биологическая характеристика сортов яровой мягкой пшеницы, 2019–2023 годы

Признак	Кинельская удача	Тулайковская надежда	Кинельская юбилейная
Вегетационный период, дн.	83	85	84
Высота растений, см	83	83	85
Продуктивная кустистость, шт. стеб.	2,0	1,6	1,9
Длина колоса, см	7,2	7,0	7,2
Число колосков в колосе, шт.	14,0	14,0	13,0
Число зерен в колосе, шт.	31,0	30,0	30,0
Масса зерна с колоса, г	1,23	1,14	1,10
Масса 1000 зерен, г	36,4	35,6	34,7
Натура зерна, г/л	823	814	819
Стекловидность зерна, %	81	73	81
Содержание клейковины, %	28,5	26,3	29,8
Качество клейковины, ед. ИДК	87	79	90
Содержание белка, %	14,2	13,7	14,5
Сила муки, ед. а.	412	408	382
Число падения, с	253	268	304
Объемный выход хлеба (50 г муки), мл	550	530	548
Пористость хлеба, балл	4,7	4,3	4,3
Общая оценка качества, балл	4,4	4,3	4,3

в среднем составляет 41 день, колошение длится трое суток. Высота растений в фазе хозяйственной спелости у *Кинельской удачи* в среднем — 83 см, что на уровне стандарта и на 2 см ниже сорта *Кинельская юбилейная*. Высокая продуктивность зерна нового сорта складывается из высоких показателей структуры урожая. Продуктивная кустистость — 2,0 шт. (у стандарта — 1,6 шт.), в благоприятные по увлажнению годы достигала 2,2...2,3 шт. В среднем за 2019–2023 годы длина колоса — 7,2 см, число колосков в колосе — 14,0 шт., число зерен в колосе — 31,0 шт., масса зерна с колоса — 1,23 г, масса 1000 зерен — 36,4 г.

Кинельская удача отличается стабильно высокой по годам силой муки 353...503 е.а. (в среднем 412 е.а.), натурой зерна — 811...848 г/л (823 г/л), стекловидностью — 71...88% (81%), содержанием клейковины в зерне — 26,8...33,6% (28,5%) второй группы качества (в среднем 87 ед. ИДК). Содержание белка в зерне — 13,4...15,9% (14,2%). Объемный выход хлеба (из 50 г муки) — 450...610 мл (550 мл), число падения — 253 с, пористость хлеба — 4,7 баллов. Общая хлебопекарная оценка сорта высокая — 4,4 балла. Качество зерна и муки нового сорта во все годы изучения соответствовали требованиям ценной и сильной пшеницы.

Новый сорт устойчив к местным популяциям патогенных грибов, засухоустойчив (5 баллов), устойчив к полеганию (4,3 балла), осыпанию зерна (5 баллов) и его прорастанию на корню (5 баллов).

Схема семеноводства *Кинельской удачи* традиционная для культуры яровой мягкой пшеницы. Для производства оригинальных семян использовали индивидуально-семейственный отбор, питомники испытания потомств первого-второго года, питомники размножения первого-второго года. Лучшие предшественники для ведения семеноводства нового сорта — озимая пшеница, бобовые, лен, сидеральный пар, для питом-

ников первичных звеньев семеноводства — чистый пар. Норма высева — 4,5...5,0 млн всх. сем./га (при использовании высокого и интенсивного фона допустимо снижение нормы до 4,0 млн). Предпочтительные зоны ведения семеноводства — лесостепь Самарской, Ульяновской, Пензенской, Оренбургской областей, Республик Татарстан, Мордовия, Башкортостан.

Таким образом, в результате многолетней селекционной работы был создан новый высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы *Кинельская удача*, предназначенный для возделывания в лесостепных условиях Средневолжского и Уральского регионов. Использование эколого-географического принципа подбора родительских форм при скрещивании способствовало объединению в генотипе стабильно высокой продуктивности и качества зерна, адаптивности, устойчивости к патогенам и стрессовым факторам (в особенности к засухе).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеева Т.А., Зенкина К.В., Ломакина И.В. и др. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Анфея // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 61–65. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-61-65>
2. Барковская Т.А., Кокорева В.Г. Высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы Маэстро для Центрального Нечерноземья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 2. С. 21–24. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/2/21-24>
3. Барковская Т.А., Гладышева О.В. Адаптивные свойства и экологическая пластичность перспективных линий яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. Т. 25. № 1. С. 35–42. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.35-42>
4. Белан И.А., Федоренко Е.Н., Россеева Л.П. и др. Перспективный сорт пшеницы мягкой яровой Семеновна — результат международного сотрудничества // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24. № 1. С. 46–57. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.1.46-57>
5. Василов Н.З., Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф. и др. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Аль Варис для целей хлебопечения // Земледелие. 2019. № 1. С. 38–42. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10111>
6. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53.
7. Гончаров Н.П., Косолапов В.М. Селекция растений — основа продовольственной безопасности России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 361–366. <https://doi.org/10.18699/VJ21.039>
8. Дёмина Е.А., Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю. и др. Сорт пшеницы мягкой яровой Кинельская звезда для условий Средневолжского и Уральского регионов // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 11. С. 49–55. https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_11_49
9. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
10. Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Кинчарова М.Н. и др. Методика оценки агроэкологической адаптированности генотипов в условиях глобального потепления климата //

- Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 4. С. 39–47.
<https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-39-47>
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. М.: Госсортокомиссия, 2019. 329 с.
 12. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Оценка адаптивных свойств сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 2. С. 54–58.
<https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58>
 13. Немцев Б.Ф., Немцев А.Б., Полюдина Р.И. и др. Новый сорт яровой мягкой пшеницы Баганочка // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. Т. 9. № 1. С. 30–34. <https://doi.org/10.18699/LettersVJ-2023-9-05>
 14. Новохатин В.В., Драгавцев В.А. Научное обоснование эколого-генетической селекции мягкой яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 12. С. 39–46.
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11206>
 15. Посевные площади Российской Федерации в 2023 году. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 25.06.2024).
 16. Стасюк А.И., Леонова И.Н., Пономарева М.Л. и др. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 78–91.
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.78rus>
 17. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / под общ. ред. М.А. Федина. М.: Б. и., 1988. 121 с.
 18. Wei-bing Y., Zhi-lie Q., Hui S., et. al. Yield-related agronomic traits evaluation for hybrid wheat and relation of ethylene and polyamines biosynthesis to filling at the mid-grain filling stage // Journal of Integrative Agriculture. 2020. Vol. 19. No. 10. P. 2407–2418.
[https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(19\)62873-x](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(19)62873-x)
 5. Vasilova N.Z., Askhadullin D.F., Askhadullin D.F. i dr. Novyy sort yarovoj myagkoj pshenicy Al' Varis dlya celej hlebopecheniya // Zemledelie. 2019. № 1. S. 38–42.
<https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10111>
 6. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennykh nauk. 2005. № 6. S. 49–53.
 7. Goncharov N.P., Kosolapov V.M. Selekcija rastenij — osnova prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2021. T. 25. № 4. S. 361–366.
<https://doi.org/10.18699/VJ21.039>
 8. Demina E.A., Kincharov A.I., Taranova T.Yu. i dr. Sort pshenicy myagkoj yarovoj Kinel'skaya zvezda dlya uslovij Srednevolzhskogo i Ural'skogo regionov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36. № 11. S. 49–55.
https://doi.org/10.53859/02352451-2022_36_11_49
 9. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Metodika vyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnykh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu «urozhajnost'» // Selekcija i semenovodstvo. 1994. № 2. S. 3–6.
 10. Kincharov A.I., Dyomina E.A., Kincharova M.N. i dr. Metodika ocenki agroekologicheskoy adaptirovannosti genotipov v usloviyakh global'nogo potepeniya klimata // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2022. T. 183. № 4. S. 39–47. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-39-47>
 11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Vyp. 1. Obshchaya chast'. M.: Gosortkomissiya, 2019. 329 s.
 12. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M. Ocenka adaptivnykh svoystv sortov ozimoy myagkoj pshenicy selekcii FGBNU «ANC «Donskoj» // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2022. T. 14. № 2. S. 54–58.
<https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58>
 13. Nemcev B.F., Nemcev A.B., Polyudina R.I. i dr. Novyy sort yarovoj myagkoj pshenicy Baganochka // Pis'ma v Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2023. T. 9. № 1. S. 30–34.
<https://doi.org/10.18699/LettersVJ-2023-9-05>
 14. Novohatin V.V., Dragavcev V.A. Nauchnoe obosnovanie ekologo-geneticheskoy selekcii myagkoj yarovoj pshenicy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 12. S. 39–46. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-11206>
 15. Posevnye ploshchadi Rossijskoj Federacii v 2023 godu. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (data obrashcheniya 25.06.2024).
 16. Stasyuk A.I., Leonova I.N., Ponomareva M.L. i dr. Fenotipicheskaya izmenchivost' selekcionnykh linij myagkoj pshenicy (*Triticum aestivum* L.) po elementam struktury urozhaya v ekologicheskikh usloviyakh Zapadnoj Sibiri i Tatarstana // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2021. T. 56. № 1. S. 78–91.
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.78rus>
 17. Tekhnologicheskaya ocenka zernovykh, krupyanykh i zernobobovykh kul'tur / pod obshch. red. M.A. Fedina. M.: B. i., 1988. 121 s.
 18. Wei-bing Y., Zhi-lie Q., Hui S., et. al. Yield-related agronomic traits evaluation for hybrid wheat and relation of ethylene and polyamines biosynthesis to filling at the mid-grain filling stage // Journal of Integrative Agriculture. 2020. Vol. 19. No. 10. P. 2407–2418.
[https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(19\)62873-x](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(19)62873-x)

REFERENCES

Поступила в редакцию 17.07.2024
 Принята к публикации 31.07.2024

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ *MEDICAGO VARIA* MART. В ОДНОВИДОВЫХ И ЛЮЦЕРНО-ТИМОФЕЕЧНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗАХ КАРЕЛИИ*

Александра Игоревна Камова, младший научный сотрудник

Любовь Павловна Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Лаборатория агротехнологий «Вилга» КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: avelesikkamova@yandex.ru

Аннотация. Возделывание *Medicago varia* Mart., способствующее повышению количества и качества заготавливаемых объемистых кормов, в северных условиях ограничено факторами: короткий вегетационный период, неравномерное распределение осадков на его протяжении, повышенная кислотность почвы и другое. Результат селекционной работы — сорта люцерны изменчивой, обеспечивающие устойчивую урожайность кормовой массы и высокое продуктивное долголетие. В статье представлены результаты сравнительного изучения одновидовых посевов люцерны изменчивой сортов Пастбищная 88 и Агния, а также их фитоценозов с тимopheевкой луговой (*Phleum pratense* L.) сорта Олонецкая местная в условиях Республики Карелия. По среднесуточным данным одновидовой посев Агнии превосходит по урожайности сухой массы контрольный вариант на 1,7 т/га, в травосмеси с тимopheевкой — 0,8 т/га.

Ключевые слова: люцерна изменчивая, одновидовые и смешанные агрофитоценозы, урожайность сухой массы, Республика Карелия

COMPARATIVE EVALUATION OF *MEDICAGO VARIA* MART. VARIETIES IN SINGLE-SPECIES AND ALFALFA-TIMOTHY AGROPHYTOCENOSIS OF KARELIA

A.I. Kamova, Junior Researcher

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

Laboratory of Agricultural Technologies “Vilga” Karelian Research Center RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

E-mail: avelesikkamova@yandex.ru

Abstract. The cultivation of *Medicago varia* Mart., which helps to increase the quantity and quality of harvested voluminous feed, in northern conditions is limited by a number of factors: a short growing season, uneven precipitation, increased soil acidity, etc. The result of breeding work was varieties of alfalfa varia, capable of providing sustainable forage yield and high productive longevity. The article presents the results of a comparative study of single-species crops of alfalfa varieties Pastbishchnaya 88 and Agnia, as well as their phytocenoses with timothy grass (*Phleum pratense* L.) variety Olonetskaya local in the conditions of the Republic of Karelia. According to average long-term data, single-species sowing of the Agnia variety exceeds the dry mass yield of the control variant by 1.7 t/ha, in a grass mixture with timothy — 0.8 t/ha.

Keywords: alfalfa, single-species and mixed phytocenoses, dry mass yield, Republic of Karelia

Эффективность кормопроизводства во многом зависит от подбора видового состава агрофитоценозов, включающих многолетние бобовые культуры. В условиях Карелии их успешное возделывание лимитируют короткий, с неравномерным распределением осадков вегетационный период, ограниченные ресурсы тепла, повышенная кислотность почв и другое. [7] Решение проблемы роста урожайности зеленой массы и протеиновой питательности растительных кормов связано с использованием малораспространенных на Северо-Западе России бобовых видов растений, к числу которых относят люцерну изменчивую (*M. varia*). Сотрудниками ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» выведены сорта с продуктивным долголетием, повышенной холодостойкостью, которые рекомендованы как в чистом виде, так и в составе многолетних травосмесей. [12] Многие исследователи расходятся во мнении о преимуществе одновидовых и смешанных посевов люцерны. Одни утверждают, что в Нечерноземье ее монопосевы превосходят по урожайности люцерно-злаковые смеси. [5, 9, 10] При благоприятных условиях урожайность сухой массы люцерны превышает 6,5 т/га. По мнению других комбинирование

бобовых и злаковых многолетних видов увеличивает продуктивное долголетие травостоев, по сравнению с чистыми посевами. [1, 13] Увеличение сбора сухой массы сложных агрофитоценозов основывается на взаимовыгодных отношениях между растениями, способствующих формированию благоприятного микроклимата, улучшению пищевого режима и оструктурированию почвы. Смешанные бобово-злаковые посевы создают оптимальные условия для функционирования бобово-ризобияльного комплекса. [2] При незначительной доле злакового компонента (не более одной трети) его корневые выделения стимулируют воздействие на нитрогеназную активность клубеньковых бактерий бобовых растений. В случае преобладания злаковых бобовые вытесняются из травостоя. [6]

Продуктивность *M. varia* во многом зависит от выбора сорта. Селена, Агния, Пастбищная 88 и другие сорта, наиболее распространенные в Нечерноземной зоне России, обладают хорошей приспособленностью к почвенно-климатическим условиям, высокой фитоценотической устойчивостью. [5]

Цель работы — изучить реакцию отдельных сортов люцерны изменчивой при выращивании в монокультуре

* Работа выполнена в рамках Государственного задания научной темы FMEN-2022-0013 Рег. № 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.

туре и составе двухкомпонентных травосмесей с тимфеевкой луговой в условиях северного земледелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытном поле лаборатории агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук» в 2019–2023 годах.

Метеорологические условия вегетационных периодов были неоднородны. За вегетацию 2019 года рост и развитие растений люцерны происходили при пониженной тепло- и неравномерной влагообеспеченности. Дефицит ресурсов тепла и влаги в 2020 году был причиной недобора урожая зеленой массы. В 2021, несмотря на относительно благоприятные погодные условия первого укоса, изменчивость метеорологических факторов в межукосный период вызвала снижение общей надземной массы трав. Формирование урожая зеленой массы в 2022 году протекали в оптимальных условиях тепла и влаги, в 2023 – на фоне их колебания.

Ростовые и продукционные процессы многолетних трав во многом зависят от уровня почвенного плодородия. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая слабокислая ($pH_{\text{ср.}} = 5,9$), содержание элементов питания высокое: подвижный фосфор (P_2O_5) – 859 мг/кг, обменный калий (K_2O) – 412 мг/кг почвы.

В опыте изучали одновидовые посевы люцерны изменчивой сортов *Пастбищная 88* (включен в Госреестр РФ для Северо-Западного региона), *Агния* (перспективный), а также сочетание каждого с тимфеевкой луговой сорта *Олонецкая местная*. Контроль для сравнения одновидовых посевов люцерны – *Пастбищная 88*, смешанных – смесь последнего с сортом тимфеевки *Олонецкая местная*. Площадь учетной делянки – 3 м², повторность трехкратная, размещение вариантов – рендомизированное. Норма высева люцерны в чистом виде – 15 кг/га, в травосмеси – 10, тимфеевки луговой – 8 кг/га. Непосредственно перед посевом семена бобовой культуры инокулировали специализированными штаммами ризоторфина. Посев беспокровный. Учет урожайности сплошной со всей делянки в фазе начала бутонизации бобовых трав.

Закладку опыта, измерение линейных показателей роста растений и учет урожайности по укосам проводили с использованием методических указаний. [3, 8, 11]

Экспериментальные данные статистически обрабатывали в программе Microsoft Excel. Для сравнения коэффициентов вариации применяли разработанную Г.Н. Зайцевым семибалльную шкалу. [4]

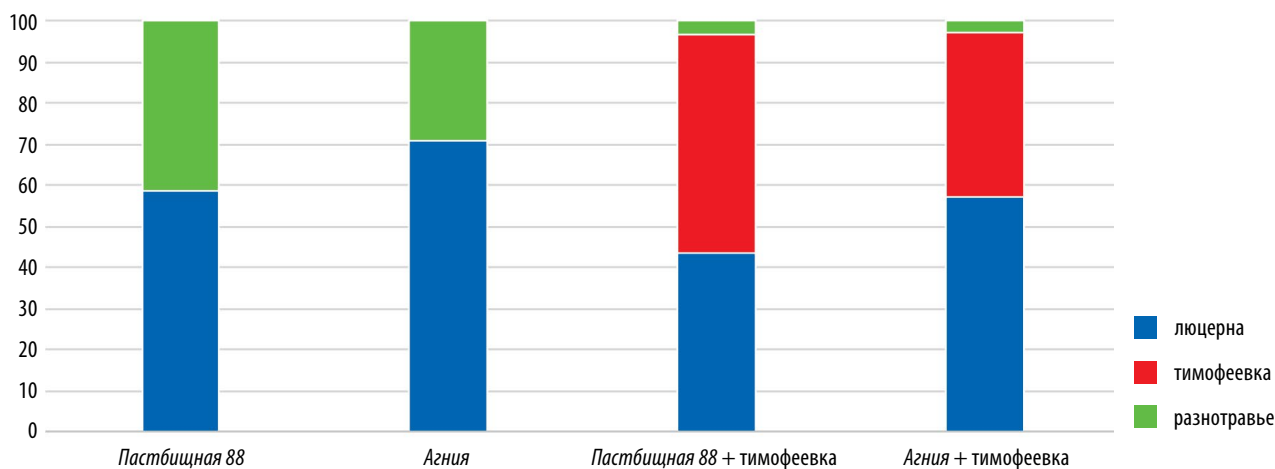
РЕЗУЛЬТАТЫ

Темпы роста многолетних трав по годам и укосам зависели не только от изменчивости метеорологических показателей, но и состава травостоя, биологических и сортовых особенностей изученных видов трав. Показатели длины стеблей люцерны изменчивой колебались в пределах от нижней до верхней границы нормальной вариации. Установлены незначительные отклонения от соответствующих контролей. В среднем за четыре года, независимо от возраста травостоя и изменчивости погодных условий, выявлена тенденция увеличения линейных значений растений в одновидовых посевах люцерны относительно двухкомпонентных травосмесей, особенно с сортом *Агния* (табл. 1).

Наиболее важные характеристики искусственных агрофитоценозов многолетних трав – плотность травостоя и массовая доля компонентов в нем. В первый год пользования трав плотность травостоя сортов люцерны *Пастбищная 88* и *Агния* незначительно различалась – 51,5 и 69,4% соответственно, к четвертому – соразмерно увеличилась в 1,3 и 1,1 раза. В среднем за четыре года долевое участие сортов люцерны изменчивой в одновидовых травостоях составило 58,83 (*Пастбищная 88*) и 70,85% (*Агния*) (см. рисунок). В двухкомпонентных травостоях изменение плотности *M. varia* зависело от сорта. В среднем за годы исследований доля *Пастбищной 88* в составе смешанного травостоя – 43,4, *Агнии* – 57,1%.

Таблица 1.
Длина стеблей сортов люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях по укосам (2020–2023 годы), см

Вариант	Первый укос	Второй укос
<i>Пастбищная 88</i> (К)	55,4	60,1
<i>Агния</i>	54,9	70,6
<i>Пастбищная 88</i> + <i>Олонецкая местная</i> (К)	48,6	56,1
<i>Агния</i> + <i>Олонецкая местная</i>	51,0	60,3



Доля люцерны в составе травостоев, 2020–2023 годы.

Таблица 2.

Урожайность сухой массы люцерны изменчивой (2020–2023 годы), т/га

Вариант	Первый укос	Второй укос	В сумме за два укоса
Пастбищная 88 (К)	4,0	3,3	7,3
Агния	5,2	3,8	9,0
Пастбищная 88 + Олонецкая местная (К)	2,8	3,1	5,9
Агния + Олонецкая местная	4,0	2,7	6,7

При формировании агрофитоценозов главный интегральный показатель — урожайность. В процессе использования трав сорт *Агния* обеспечил максимальный выход сухой массы как в составе моно-, так и смешанного посева (табл. 2). Несмотря на выявленную тенденцию, существенные отклонения урожайности получены лишь в монокультуре в первый год пользования трав. В засушливых условиях 2020 года одновидовые посевы люцерны, в отличие от смешанных злаково-бобовых, преобладали по массе, что подтверждают литературные данные. [4, 8]

Агния рекомендован к возделыванию в Центральном регионе РФ, но полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о его высоком адаптивном потенциале, способности произрастать и давать высокие урожаи надземной массы в условиях северного земледелия.

Таким образом, использование бобовой культуры люцерны изменчивой, характеризующейся высокопродуктивным долголетием, перспективно в системе устойчивого развития кормопроизводства Республики Карелия. Урожайность сухой массы интродуцированного сорта *Агния* в чистом виде достигает 9,0 т/га, превосходя контрольный в 1,2 раза, в двухкомпонентных травосмесях с тимофеевкой луговой — 1,1 раза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агладзе Г., Джинчарадзе Д., Чабукиани М. Влияние соотношения бобовых и злаковых многолетних трав на продуктивность сеяного сенокоса // Кормопроизводство. 2005. № 2. С. 9–11.
2. Баринов В.Н., Новиков М.Н. Биологические приемы оптимизации минерального питания и развития козлятника восточного на легких почвах нечерноземной зоны // Агрохимия. 2021. № 9. С. 45–49
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 423 с.
5. Лазарев Н.Н., Исаков А.Н., Стародубцева А.М. Луговые травы в Нечерноземье: урожайность, долголетие, питательность. М.: Издательство РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. 165 с.
6. Лазарев Н.Н., Прудников А.Д., Куренкова Е.М., Стародубцева А.М. Многолетние бобовые травы в Нечерноземье. Монография. М.: Издательство РГАУ–МСХА, 2017. 162 с.
7. Лепкович И.П., Зимина Т.В., Журавлева О.С., Суханов Б.И. Экоотипы видов люцерны на природных лугах и возделывание сортов козлятника восточного в Новгородской области // Кормопроизводство. 2004. № 6. С. 24–28.
8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.

9. Новиков М.Н. Биологические приемы эффективного использования азота почвы, удобрений, симбиотической азотфиксации в полевых агроценозах // Агрохимия. 2020. № 8. С. 60–69.
10. Новоселов Ю.К., Воловик В.Т., Рудомы В.В. Стратегия совершенствования сырьевой базы для производства растительного масла и высокобелковых кормов // Кормопроизводство. 2008. № 10. С. 2–5
11. Проведение научных исследований на мелиорированных землях избыточно увлажненной части СССР: методические рекомендации. М.: ВНИИМЗ, 1984. 164 с.
12. Сорта кормовых культур селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»: монография / ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». М.: ООО «Угрешская Типография», 2019. 92 с
13. Kallenbach R.L., Nelson C.J., Coutts J.H. Quality, and Persistence of Grazing- and Hay-Type Alfalfa under Three Harvest Frequencies // Agron. J. 2002. Vol. 94. P. 1094–1103.

REFERENCES

1. Agladze G., Dzhincharadze D., Chabukiani M. Vliyaniye sootnosheniya bobovyh i zlakovyh mnogoletnih trav na produktivnost' seyanogo senokosa // Kormoproizvodstvo. 2005. № 2. S. 9–11.
2. Barinov V.N., Novikov M.N. Biologicheskie priemy optimizatsii mineral'nogo pitaniya i razvitiya kozlyatnika vostochnogo na legkih pochvah nechernozennoj zony // Agrohimiya. 2021. № 9. S. 45–49
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Zajcev G.N. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike. M.: Nauka, 1984. 423 s.
5. Lazarev N.N., Isakov A.N., Starodubceva A.M. Lugovye travy v Nечернозем'e: urozhajnost', dolgoletie, pitatel'nost'. M.: Izdatel'stvo RGAU–MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2015. 165 s.
6. Lazarev N.N., Prudnikov A.D., Kurenkova E.M., Starodubceva A.M. Многолетние бобовые травы в Нечерноземье. Monografiya. M.: Izdatel'stvo RGAU–MSHA, 2017. 162 s.
7. Lepkovich I.P., Zimina T.V., Zhuravleva O.S., Suhanov B.I. Ekotipy vidov lyucerny na prirodnyh lugah i vozdelывание sortov kozlyatnika vostochnogo v Novgorodskoj oblasti // Kormoproizvodstvo. 2004. № 6. S. 24–28.
8. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami. M.: Rossel'hozakademiya, 1997. 156 s.
9. Novikov M.N. Biologicheskie priemy effektivnogo ispol'zovaniya azota pochvy, udobrenij, simbioticheskoj azotfiksatsii v polevyh agrocenozah // Agrohimiya. 2020. № 8. S. 60–69.
10. Novoselov Yu.K., Volovik V.T., Rudoma V.V. Strategiya sovershenstvovaniya syr'evoy bazy dlya proizvodstva rastitel'nogo masla i vysokobelkovykh kormov // Kormoproizvodstvo. 2008. № 10. S. 2–5
11. Provedenie nauchnyh issledovaniy na meliorirovannyh zemlyah izbytochno uvlazhnennoj chasti SSSR: metodicheskie rekomendatsii. M.: VNIIMZ, 1984. 164 s.
12. Sorta kormovykh kul'tur selekcii FGBNU «Federal'nyj nauchnyj centr kormoproizvodstva i agroekologii imeni V.R. Vil'yamsa»: monografiya / FNC «VIK im. V.R. Vil'yamsa». M.: ООО «Ugreshskaya Tipografiya», 2019. 92 s
13. Kallenbach R.L., Nelson C.J., Coutts J.H. Quality, and Persistence of Grazing- and Hay-Type Alfalfa under Three Harvest Frequencies // Agron. J. 2002. Vol. 94. P. 1094–1103.

Поступила в редакцию 22.08.2024
Принята к публикации 05.09.2024

ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ФИТОЦЕНОЗОВ НЕИСПОЛЪЗУЕМЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ КАРЕЛИИ*

Ольга Николаевна Бахмет, *член-корреспондент РАН*

Любовь Павловна Евстратова, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор*

Елена Валентиновна Николаева, *кандидат сельскохозяйственных наук*

Елена Викторовна Дубина-Чехович, *кандидат биологических наук*

Карельский научный центр Российской академии наук, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: levstratova@yandex.ru

Аннотация. На кормовых угодьях, зарастающих малоценной для сельскохозяйственного производства растительностью, постагrogenная трансформация травяного покрова проявилась в снижении общего проективного покрытия до 1,7 раза (по сравнению с сенокосами 94,8–99,0%) и неоднородности видового состава. Коэффициенты флористического сходства Жаккара сенокосов и кормовых угодий при куртинном типе зарастания в среднем составили 0,45, сплошном – 0,39. Разнотравно-злаковые или злаково-разнотравные травостои, в основном, слагались корневищными и дерновинными видами растений. Запасы абсолютно-сухой надземной массы (4,86 т/га) и углерода (2,04 т С/га) сенокосов значимо превышали (до 1,5 раз) соответствующие показатели неиспользуемых кормовых угодий. **Ключевые слова:** сенокосы, неиспользуемые кормовые угодья, многолетние травы, видовой состав, урожайность, надземная фитомасса, углерод

POSTAGROGENIC TRANSFORMATION AND ASSESSMENT OF CARBON STOCKS OF KARELIA UNUSED FORAGE LANDS PHYTOCENOSIS

O.N. Bakhmet, *Corresponding Member of the RAS*

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

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

E.V. Dubina-Chekhovich, *PhD in Biological Sciences*

Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

E-mail: levstratova@yandex.ru

Abstract. On forage lands overgrown with vegetation of low value for agricultural production, the postagrogenic transformation of the grass cover manifested itself in a decrease in the total projective coverage up to 1.7 times (compared with hayfields 94.8–99.0%) and heterogeneity of the species composition. The coefficients of floral similarity of haymaking Jacquard and forage lands with the curtain type of overgrowth averaged 0.45, and with the solid type – 0.39. Grass-cereal or cereal-grass stands were mainly composed of rhizomatous and turf-bearing plant species. The reserves of absolutely dry aboveground mass (4.86 t/ha) and carbon (2.04 t C/ha) of hayfields significantly exceeded (up to 1.5 times) the corresponding indicators of unused forage lands.

Keywords: hayfields, unused forage lands, perennial grasses, species composition, yield, aboveground phytomass, carbon

Результат реформирования аграрного сектора экономики России начала 90-х годов XX века – невостребованность значительных площадей сельскохозяйственных угодий из-за ликвидации большого количества предприятий. При отсутствии необходимых агротехнических мероприятий на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота, наблюдаются негативные тенденции, связанные с их переувлажнением на фоне самопроизвольного зарастания древесно-кустарниковой растительностью, а также изменением свойств почв. Эти процессы зависят не только от природно-климатической зоны, но и предыдущего вида землепользования, типа почв, площади сельскохозяйственных угодий, застроенности территории, удаленности от «стены» леса и других факторов. Степень ухудшения плодородия почвы определяет целесообразность возвращения таких земель в сельскохозяйственный оборот. [4]

Бывшие многолетние травянистые агроценозы развиваются в направлении формирования естественных типов экосистем, присущих конкретной природно-

климатической зоне. Ведущую роль в постагrogenной трансформации играет характер смены растительности, которая отличается от естественных фитоценозов структурой и флористическим составом. [7, 9] Ассоциации видов и свойственные им условия местообитания определяются различными параметрами экологических факторов. Пространственная неоднородность фитоценозов выражается в мозаичности ценоэлементов (неравномерность условий существования, вызванная жизнедеятельностью тех или иных растений, различия в затенении, химизм и физические особенности опада, микрорельеф). [8]

Видовое разнообразие растений – важная составляющая формирования продуктивности многолетних травостоев. Запасы фитомассы многолетних трав тесно взаимосвязаны с запасами углерода, который служит каркасным элементом органического вещества. [6]

Цель работы – изучение особенностей изменения видового состава, продуктивности и запасов углерода многолетних травостоев при естественном зарастании кормовых угодий Карелии.

* Работа выполнена в рамках Важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» № ВИП ГЗ/23-10 / The work was carried out within the framework of the Most important innovative project of state significance «Unified national monitoring system of climatically active substances» No. VIP GZ/23-10.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в подзоне средней тайги южной части Прионежского муниципального района Республики Карелия. Объект исследования (участок осушения ДКП «Центральный») – старосеянные агрофитоценозы. Пробные площади – ПП (9,0...14,6 га) представлены тремя типами участков: используемые сенокосы, а также кормовые угодья при куртинном и сплошном типах зарастания древесно-кустарниковой и малоценной для хозяйственного использования травяной растительностью. При выводе земель из сельскохозяйственного оборота на трансформацию агрогенных почв и напочвенного покрова влияет продолжительность периода зарастания. Перезалужение сенокосов происходило более 30 лет назад, прекращение сенокосения на ПП с куртинным типом зарастания – 5, со сплошным – 20...25 лет. На всех изученных кормовых угодьях не осуществляются агротехнические мероприятия по улучшению водно-воздушного, пищевого режима почв, уничтожению сорной растительности и подсева кормовых трав.

Рост и развитие многолетних трав за вегетацию растений 2023 года проходили на фоне нестабильных метеорологических условий (ГТК: май – 0,77, июнь – 1,08, июль – 3,21, август – 1,37). Почвы – старопашотные агроземы торфяные типичные, pH – 5,3...5,7. Хорошая обеспеченность почв азотом отмечена на участках при сплошном типе зарастания – 2,06%, под сенокосами и с куртинным типом снижена – 1,71 и 1,81% соответственно. В хроноряду сенокос – кормовое угодье при куртинном – при сплошном типе зарастания содержание подвижных соединений фосфора соответствует 2840,81 – 6511,67 – 6061,20 мг/кг, калия – 520,98 – 228,85 – 230,68 мг/кг (очень высокое), общего углерода – 38,42 – 39,48 – 47,35%.

Методики, которые использовали при подборе ПП, геоботаническом описании растительности, выделении доминирующих видов, учете запасов фитомассы, приведены в работе. [1] Однородность видового состава

ва фитоценозов оценивали с помощью коэффициента флористического сходства Жаккара (K_j). [5] Значимость различий между показателями запасов фитомассы и углерода кормовых угодий определяли с привлечением однофакторного дисперсионного анализа. [3]

Полученные экспериментальные данные обрабатывали на персональном компьютере в таблицах Microsoft Excel 10 и при помощи статистического пакета StatGraphics Centurion 15.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно геоботаническому описанию старовозрастных агрофитоценозов выявили 62 вида травянистых растений, из которых 23 имели среднее проективное покрытие более 1%. Постагрогенная трансформация травяного покрова от сенокосов к зарастающим кормовым угодьям характеризовалась снижением до 1,7 раза общего проективного покрытия (табл. 1). В растительных сообществах доминировали растения-мезофиты, приспособленные к местным условиям произрастания. На сенокосах среди злаковых многолетних трав встречались двукосточник тростниковый, кострец безостый. Со времени последнего перезалужения в травостоях зарастающих угодий сохранился мятлик обыкновенный. Развитие крапивы двудомной зарегистрировано на всех ПП, особенно сенокосах и кормовых угодьях при сплошном типе зарастания. Ее широкое распространение сопряжено с умеренным увлажнением почв и наличием большого количества минерального азота, который легко усваивается растениями. Лабазник вязолистный и купырь лесной предпочитают открытые, хорошо освещенные территории. Вероника длиннолистная преимущественно лесное растение, приурочена к произрастанию на кормовых угодьях с куртинным типом зарастания. С уменьшением видов многолетних злаковых трав увеличилось распространение вейника тростниковидного.

Таблица 1.

Доминанты и содоминанты травянистых растений кормовых угодий

Угодье	Общее проективное покрытие травянистых растений, %	Вид	Встречаемость, %	Максимальный показатель проективного покрытия, %
Сенокос	94,8...99,0	Двукосточник тростниковый <i>Phalaroides arundinacea</i> L. Rauscher	77,8	38,7
		Лабазник (таволга) вязолистный <i>Filipendula ulmaria</i> L. Maxim.	74,1	19,2
		Вейник тростниковидный <i>Calamagrostis phragmitoides</i> C. Hartm.	37,0	9,7
		Купырь лесной <i>Anthriscus sylvestris</i> L. Hoffm	81,5	38,3
		Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	88,9	41,1
		Кострец безостый <i>Bromopsis inermis</i> Leyss. Holub.	37,0	12,7
Кормовое при куртинном типе зарастания	72,3...93,2	Вейник незамечаемый <i>Calamagrostis neglecta</i> Ehrh. Gaerth., Mey. et Scherb.	29,6	19,3
		Двукосточник тростниковый <i>Phalaroides arundinacea</i> L. Rauscher	85,2	15,9
		Вейник тростниковидный <i>Calamagrostis phragmitoides</i> C. Hartm.	59,3	15,0
		Мятлик обыкновенный <i>Poa trivialis</i> L.	92,6	35,4
		Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	51,9	12,4
		Вероника длиннолистная <i>Veronica longifolia</i> L.	96,3	30,3
Кормовое при сплошном типе зарастания	56,2...71,7	Лабазник (таволга) вязолистный <i>Filipendula ulmaria</i> L. Maxim.	70,4	10,3
		Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	74,1	42,7
		Двукосточник тростниковый <i>Phalaroides arundinacea</i> L. Rauscher	51,9	16,7
		Мятлик обыкновенный <i>Poa trivialis</i> L.	44,4	14,9
		Вейник тростниковидный <i>Calamagrostis phragmitoides</i> C. Hartm.	66,7	19,3

Таблица 2.

Влияние степени зарастания кормовых угодий на продуктивность старовозрастных травостоев, т/га

Угодье	Воздушно-сухая фитомасса				Абсолютно-сухая масса			
	злаковые	бобовые	разнотравье	общая	злаковые	бобовые	разнотравье	общая
Сенокос	2,13	0,04	5,30*	7,47*	1,42	0,03	3,41*	4,86*
Кормовое при куртинном типе зарастания	3,34	0,01	1,55	4,90	2,28	0,01	1,17	3,46
Кормовое при сплошном типе зарастания	2,63	0,04	2,11	4,78	1,67	0,03	1,61	3,31
F-ratio**	2,20	1,45	33,00	10,30	2,31	1,48	20,76	5,69
p-value	0,117	0,240	0,000	0,000	0,106	0,235	0,000	0,005
LSD	—	—	0,99	1,33	—	—	0,73	1,01

Примечание. * — достоверные отклонения по сравнению с вариантами зарастания; ** F-ratio — критерий Фишера фактический, p-value — уровень значимости, LSD — наименьшая существенная разность.

На кормовых угодьях сформировались разнотравно-злаковый или злаково-разнотравный фитоценозы, что согласуется с мнением В.В. Вахрушевой с соавторами об увеличении доли разнотравья по мере старения травостоев. [2] В верхнем ярусе распространены высокорослые травы (двукосточник тростниковый, кострец безостый, вейник тростниковидный) и соответствующее им по величине разнотравье (крапива двудомная, купырь лесной, лабазник вязолистный), в среднем — мятлик обыкновенный, вероника длиннолистная. Изученные фитоценозы, в основном, состоят из корневишных и дерновинных растений. При отсутствии хозяйственной деятельности наблюдается тенденция увеличения развития последних.

Неоднородность увлажнения, плодородия почв, микрорельефа не только между пробными площадями, но и в пределах каждой из них обусловили мозаичность растительного покрова. На основе оценки флористического состава кормовых угодий в выделенном хронояру коэффициенты сходства Жаккара (K_j) в среднем составили 0,45 и 0,39. Растительный покров сенокосов был более однороден, между ПП средний показатель K_j — 0,55. По мере зарастания кормовых угодий видовой сходство луговых трав уменьшалось: K_j — 0,41 и 0,42 соответственно.

Антропогенно измененные агрофитоценозы, характеризующиеся неоднородностью флористического состава, отличались по запасам фитомассы (табл. 2). В условиях одноукосного режима скашивания урожайность трав достоверно превышала (преимущественно из-за разнотравья) соответствующие показатели неиспользуемых кормовых угодий. Результаты, полученные в подзоне средней тайги, согласуются с оценкой В.М. Телесниной [7] для условий южной зоны: биомасса травяного яруса по мере старения постагрогенных зарастающих сенокосов уменьшается, но раньше, чем формируется древостой.

Депонирование углерода в надземной фитомассе агроценозов изученного хронояруса (сенокосы — кормовые угодья с разной степенью зарастания) изменялось от 2,04 до 1,39 т С/га. Запасы углерода в надземной массе старосеянных сенокосов достоверно превышали (в 1,4 и 1,5 раза) соответствующие показатели при куртинном и сплошном типах зарастания кормовых угодий.

Таким образом, постагрогенная трансформация многолетних агрофитоценозов связана с деградацией

травяного покрова, что проявилось в распространении малоценных кормовых видов растений, уменьшении общего проективного покрытия (с 94,8...99,0 до 56,2...71,7%), запасов абсолютно-сухой фитомассы (с 4,86 до 3,31 т/га) и органического углерода (с 2,04 до 1,39 т С/га). Возвращение в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых кормовых угодий, особенно при сплошном типе их зарастания, сопряжено со значительными финансовыми затратами и предполагает дополнительную поддержку аграрных предприятий со стороны государства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бахмет О.Н., Евстратова Л.П., Николаева Е.В. и др. Оценка растительного покрова при анализе бюджета углерода в агроландшафтах Карелии // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 55–60.
- Вахрушева В.В., Прядильщикова Е.Н., Столярчук Е.И. Продуктивность и питательная ценность пастбищных агрофитоценозов на основе злаковых и бобовых трав // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 2 (42). С. 31–40.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Мишина З.А., Сукова Т.С. К вопросу о причинах снижения плодородия почвы земель сельскохозяйственного назначения // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9. № 3 (32). С. 349–353.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
- Пристова Т.А. Содержание углерода в растениях средне-таежных лиственных фитоценозов Республики Коми // Принципы экологии. 2022. № 3. С. 43–49. <https://doi.org/10.15393/j1.art.2022.12402>.
- Телеснина В.М. Динамика свойств почв во взаимосвязи с растительностью при естественном постагрогенном зарастании сенокосов (Костромская область) // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2021. № 2. С. 18–28.
- Уфимцева М.Д. Индикаторная роль растительности при экологических исследованиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eco.nw.ru/lib/data/10/07/020710.htm> (Дата обращения 25.09.2024).
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Postagrogenic development of vegetation, soils and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. V. 129. P. 18–29.

REFERENCES

1. Bakhmet O.N., Evstratova L.P., Nikolaeva E.V. i dr. Ocenka rastitel'nogo pokrova pri analize byudzheta ugleroda v agrolandshaftah Karelii // Vestnik Rossijskoj sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2023. № 6. S. 55–60.
2. Vakhrusheva V.V., Pryadil'shchikova E.N., Stolyarchuk E.I. Produktivnost' i pitatel'naya cennost' pastbishchnyh agrofито-сенозов na osnove zlakovyh i bobovyh trav // Molochnohoyajstvennyj vestnik. 2021. № 2 (42). S. 31–40.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Mishina Z.A., Surova T.S. K voprosu o prichinah snizheniya plodorodiya pochvy zemel' sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya // Azimut nauchnyh issledovanij: ekonomika i upravlenie. 2020. T. 9. № 3 (32). S. 349–353.
5. Megarran E. Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie. M.: Mir, 1992. 184 s.
6. Pristova T.A. Soderzhanie ugleroda v rasteniyah srednetaezhnyh listvennyh fitocenozov Respubliki Komi // Principy ekologii. 2022. № 3. S. 43–49. <https://doi.org/10.15393/j1.art.2022.12402>.
7. Telesnina V.M. Dinamika svojstv pochv vo vzaimosvyazi s rastitel'nost'yu pri estestvennom postagrogennom zarastanii senokosov (Kostromskaya oblast') // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie. 2021. № 2. S. 18–28.
8. Ufimceva M.D. Indikatornaya rol' rastitel'nosti pri ekologicheskikh issledovaniyakh [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.eco.nw.ru/lib/data/10/07/020710.htm> (Data obrashcheniya 25.09.2024).
9. Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Postagrogenic development of vegetation, soils and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. V. 129. P. 18–29.

Поступила в редакцию 30.09.2024

Принята к публикации 14.10.2024

УДК 633.11:633.14

DOI: 10.31857/S2500208224060052, EDN: WUYMAT

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ ТРИТИКАЛЕ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ДАГЕСТАНА*

Мина Ханмирзаевна Гаджимагомедова¹, младший научный сотрудник, ORCID: 0009-0000-7218-3473

Киштили Уллубиевич Куркиев^{1,2}, доктор биологических наук, ORCID: 0000-0001-8232-6183

Уллубий Киштилиевич Куркиев¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Дагестанская опытная станция — филиал ВИР, пос. Вавилово, Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия

²Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: kkish@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования урожайности и элементов структуры продуктивности у 32 сортов-образцов гексаплоидной тритикале различного происхождения из мировой коллекции ВИР и сортов пшеницы (Ника Кубани, Таня). Работу проводили на Дагестанской ОС — филиал ВИР, расположенной в южной плоскостной зоне Республики Дагестан. Установлено, что при выращивании в низменной зоне Южного Дагестана сортообразцы тритикале превышали сорта пшеницы по признакам: урожайность, длина колоса, число колосков, зерен, масса зерна с колоса и 1000 зерен. Однако по некоторым показателям, определяющим потенциальную урожайность (число продуктивных стеблей и неозерненных цветков в колосе) тритикале уступает пшенице. По комплексу хозяйственно ценных признаков выделены образцы тритикале: ПРАГи — 494, 415/3, 479, 468, 483/1, 470/1 и 473/2, (Республика Дагестан), Престо 401 (Польша), Newton (Франция), TSW 2507 (Германия), которые можно рекомендовать в качестве исходного материала в практической селекционной работе при создании новых сортов с высокой продуктивностью.

Ключевые слова: Республика Дагестан, тритикале, пшеница, урожайность, продуктивность, череззерница

ADAPTIVE POTENTIAL OF TRITICALE OF DIFFERENT ORIGINS PRODUCTIVITY WHEN GROWN UNDER SOUTHERN DAGESTAN CONDITIONS

M.Kh. Gadzhimagomedova¹, Junior Researcher

K.U. Kurkiev^{1,2}, Grand PhD in Biological Sciences

U.K. Kurkiev¹, PhD in Agricultural Sciences

¹Dagestan experimental station — branch of VIR, Vavilovo village, Derbent district, Republic of Dagestan, Russia

²Dagesnan Stat Universiti, Mahachkala, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: kkish@mail.ru

Abstract. A study was carried out of the yield and elements of the productivity structure of 32 varieties of hexaploid triticale of various origins from the world collection of VIR. The work was carried out at the Dagestan OS — a branch of VIR, located in the southern flat zone of the Republic of Dagestan. For a comparative study, wheat varieties Nika Kubani and Tanya were used. The study showed that the studied triticale varieties exceeded wheat varieties in terms of such characteristics as: yield, ear length, number of spikelets, grains and grain weight per ear and

* Работа проведена на Дагестанской ОС ВИР в рамках темы НИР № FGEM-2022-0009 / The work was carried out on the Dagestan OS VIR within the framework of the research topic No. FGEM-2022-0009.

1000 grains. However, according to some indicators that determine potential yield, triticale is inferior to wheat – the number of productive stems and the number of grain-free flowers per ear. Based on a complex of economically valuable traits, triticale varieties were identified: PRAGi – 494, 415/3, 479, 468, 483/1, 470/1 and 473/2 (Dagestan), Presto 401 (Poland), Newton (France), TSW 2507 (Germany), which can be recommended as a source material in practical breeding work when creating new varieties with high productivity.

Keywords: Republic of Dagestan, triticale, wheat, yield, productivity, through grain

Важная задача селекции сельскохозяйственных культур – выведение новых сортов с ценными качествами, которые способствуют высокой продуктивности. [6, 9, 10] Пшеница – главная сельскохозяйственная культура, но в ней генетически заложены свойства, которые не позволяют реализовать имеющийся потенциал продуктивности. В основном это связано с недостаточной адаптивностью к неблагоприятным условиям среды. [2]

Рожь содержит в своем геноме признаки, которых не хватает у пшеницы. Это устойчивость к различным био- и абиотическим факторам среды (высокое засоление и недостаток воды, бедные почвы, низкие температуры и другое), большой потенциал продуктивности зерна (многоколосковость). [8]

В культуре тритикале селекционерам удалось соединить многоколосковость ржи и многоцветковость пшеницы, но из-за неполной генетической совместности этих двух родов не реализуется весь потенциал ее продуктивности. [1, 4, 5]

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

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили на Дагестанской опытной станции ВИР, расположенной в низменной зоне Южного Дагестана с благоприятными почвенно-климатическими условиями для изучения зерновых культур.

Были отобраны 32 сортообразца гексаплоидной тритикале различного происхождения из коллекции ВИР (табл. 1). Для сравнения использовали сорта мягкой пшеницы *Ника Кубани* и *Таня*. Среди изученного материала имеются районированные сорта и образцы из мировой коллекции ВИР, некоторые получены на Дагестанской ОС ВИР. Орошение – при озимом посеве.

Лабораторно-полевые анализы осуществляли согласно «Методическим указаниям ВИР». [7] Результаты обрабатывали по Б.А. Доспехову. [3]

Изучали признаки: масса зерна, масса 1000 зерен, число продуктивных стеблей, длина колоса, число колосков и зерен в колосе, масса зерна с колоса, череззерница.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Масса зерна с единицы площади. По урожайности высокие результаты отмечены у сортообразцов селекции Дагестанской опытной станции ВИР – *ПРАГ 473/2*, *ПРАГ 494* (770 г/м²) и *ПРАГ 483/1* (790 г/м²). Тритикале по этому показателю превышает пшеницу на 20...23%. Наименьшая масса зерна с единицы площади (500 г/м²) была у позднеспелого сорта *ГБС 7696* (Московская обл.). Урожайность у большинства изученных сортообразцов тритикале в пределах

700...800 г/м². Средняя продуктивность – 680 г/м², при варьировании 9,6% (табл. 2).

Масса 1000 зерен. По крупнозерности выделился сорт *Стрелец* (59,0 г, Краснодарский край). Самая низкая масса 1000 зерен (41,0 г) у *ПРАГ 486/2*. Зерно тритикале более крупное, по сравнению с пшеницей. Среднее значение массы 1000 зерен – 51,8 г, при варьировании 10,3% (табл. 2).

Количество продуктивных колосьев. По данному признаку пшеница превышает тритикале. По продуктивной кустистости среди образцов тритикале выделился *Presto* (430 шт./м²), низкий стеблестой (260 шт./м²) отмечен у российских сортообразцов *Стрелец*, *ГБС 7696* и *Привада* (Воронежская обл.). В среднем у проанализированных образцов кустистость составляет 339,6 стеб./м² с коэффициентом вариации 16,8% (табл. 2).

Длина колоса. По длине колоса отличился сорт *Каприз* (Ростовская обл.) – 16,5 см, самый короткий колос у *ГБС 7696* (10,7 см). По сравнению с пшеницей колос у тритикале длиннее, средняя длина у изученных образцов – 12,3 см, с относительно небольшим варьированием – 10,4% (табл. 3).

Таблица 1.
Происхождение изученных сортообразцов

Культура	Происхождение	Число сортообразцов
Тритикале	Ростовская обл.	4
	Воронежская обл.	3
	Краснодарский край	4
	Московская обл.	4
	Дагестан	10
	Польша	2
	Германия	1
	Франция	1
	Аргентина	1
	Украина	2
Пшеница	Краснодарский край	<i>Ника Кубани</i> <i>Таня</i>

Таблица 2.
Показатели урожайности сортообразцов

Показатель	Масса зерна, г/м ²	Масса 1000 зерен, г	Количество продуктивных стеблей шт./м ²
Тритикале (средние значения по 32 сортообразцам)			
Среднее значение	680,0	51,8	339,6
Коэффициент вариации, %	9,6	10,3	16,8
Стандартное отклонение	11,23	0,92	9,79
Максимальное значение	790,0	59,0	430,0
Минимальное значение	500,0	41,0	260,0
Пшеница			
<i>Ника Кубани</i>	640,0	42,7	525,0
<i>Таня</i>	674,0	43,1	541,0

Таблица 3.

Характеристика сортообразцов
по элементам продуктивности колоса

Показатель	Длина колоса, см	Число колосков, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Череззерница, %	Масса зерна, г
Тритикале (средние значения по 32 сортообразцам)					
Среднее	12,3	30,7	58,3	20,2	2,1
Коэффициент вариации, %	10,4	13,8	12,5	38,7	14,1
Стандартное отклонение	0,22	0,73	1,25	1,35	0,05
Максимальное значение	16,5	36,1	77,0	34,0	2,52
Минимальное значение	10,7	22,0	48,0	8,7	1,3
Пшеница					
Ника Кубани	10,1	19,0	45,0	10,9	1,22
Таня	10,5	21,5	51,0	4,1	1,47

Число колосков в колосе. Наибольшее значение данного признака (36,1 шт.) у сортообразца ПРАГ 486/2, низкие показатели у сорта *Nemir 1* (Аргентина) — 22,0 шт. В среднем у тритикале озерненность колоса — 30,7 шт., варьирование — 13,8%. По этому показателю сорта пшеницы уступают тритикале.

Число зерен в колосе. Это один из основных признаков, определяющих продуктивность у зерновых культур. Наибольшим числом зерен с колоса (77,0 шт.) отличился ПРАГ 486/2, наименьшим (48,0 шт.) — *Водолей* (Ростовская обл.). В целом данный показатель у тритикале выше, чем у пшеницы. В среднем, озерненность сортообразцов составляет 58,3 зерен на колос, коэффициент вариации — 12,5% (табл.3).

Череззерница. Наименьшее число неозерненных цветков в колосе (8,7%) у ПРАГ 473/2-3059, наибольшее (34,0%) — *Presto*. В среднем по выборке данный показатель составил 20,2% при варьировании 38,5%. У тритикале череззерница в колосе больше, чем у пшеницы.

Масса зерна с колоса. Она зависит от числа зерен в колосе и крупнозерности, варьирует в нашем опыте от 1,73 (№ 21456/96, Ростовская обл.) до 2,52 г (*Гермес*, Московская обл.) при среднем значении — 2,1 г, вариация — 14,1% (табл.3). Практически у всех изученных сортообразцов тритикале отмечено превышение данного показателя, по сравнению с пшеницей.

Таким образом, у сортообразцов тритикале элементы продуктивности, по сравнению с пшеницей, выше по хозяйственно ценным признакам: урожайность, длина колоса, крупнозерность, масса зерна с колоса, число колосков в колосе. Однако по числу продуктивных колосков с 1 м² и числу неозерненных цветков в колосе (череззерница) тритикале уступает пшенице.

Сортообразцы тритикале с комплексом хозяйственно ценных признаков — ПРАГи — 415/3, 468, 470/1, 473/2, 479, 483/1, 494 (Республика Дагестан), TSW 2507 (Германия), *Newton* (Франция), *Presto* (Польша), можно рекомендовать для селекционной работы при создании форм с хорошей продуктивностью.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гаджимагомедова М.Х., Куркиев К.У. Анализ продуктивности сортообразцов тритикале и исходных видов пшеницы и ржи // Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 7(119). С. 839—847.

2. Дорофеев В.Ф. Пшеницы мира. Л.: Агропромиздат, 1987. 560 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985.
4. Куркиев У.К. Актуальные проблемы селекции тритикале и создание нового исходного материала// Труды по прикл. бот., ген. и сел. С.-Пб.: ВИР. 2011. Т. 158. С. 44—58.
5. Куркиев У.К. Тритикале и проблемы его селекций. Методические указания. Л.: 1975. 18 с.
6. Куркиев К.У., Муслимов М.Г., Мирзабекова М.С. и др. Влияние различных условий выращивания на проявление морфологических признаков колоса у гексаплоидной тритикале // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 2. С. 160—169.
7. Методические указания. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилlopsа и тритикале. С.-Пб, ВИР, 1999. 82 с.
8. Рожь // Культурная флора СССР. Т. II. Ч.1. Под ред. В.Д. Кобылянского. Л.: 1989. 368 с.
9. Kurkiev K.U., Adonina I.G., Gadjimagomedova M.Kh. et al. Biological and economic characteristics of the allotetraploid with genomic formula DDA^UA^U from the cereal family // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Т. 23. № 6. P. 116—122.
10. Muslimov M.G., Taimazova N.S., Arnautova G.I. et al. Comparative characteristics of productivity elements among film and huskless forms of oat // International Journal of Ecology and Development. 2017. Т. 32. № 4. С. 130—137.

REFERENCES

1. Gadzhimagomedova M.H., Kurkiev K.U. Analiz produktivnosti sortoobrazcov tritikale i iskhodnykh vidov pshenicy i rzhi // Nauchnaya zhizn'. 2021. Т. 16. № 7(119). S. 839—847.
2. Dorofeev V.F. Pshenicy mira. L.: Agropromizdat, 1987. 560 s.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985.
4. Kurkiev U.K. Aktual'nye problemy selekcii tritikale i sozdanie novogo iskhodnogo materiala// Trudy po prikl. bot., gen. i sel. S.-Pb.: VIR. 2011. Т. 158. С. 44—58.
5. Kurkiev U.K. Triticale i problemy ego selekcij. Metodicheskie ukazaniya. L.: 1975. 18 s.
6. Kurkiev K.U., Muslimov M.G., Mirzabekova M.S. i dr. Vliyaniye razlichnykh uslovij vyrashchivaniya na proyavleniye morfologicheskikh priznakov kolosa u geksaploidnoy tritikale // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2016. Т. 11. № 2. S. 160—169.
7. Metodicheskie ukazaniya. Popolneniye, sohraneniye v zhivom vide i izuchenie mirovoj kollekcii pshenicy, egilopsa i tritikale. S.-Pb, VIR, 1999. 82 s.
8. Rozh' // Kul'turnaya flora SSSR. Т. II. Ch.1. Pod red. V.D. Kobylanskogo. L.:1989. 368 s.
9. Kurkiev K.U., Adonina I.G., Gadjimagomedova M.Kh. et al. Biological and economic characteristics of the allotetraploid with genomic formula DDA^UA^U from the cereal family // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Т. 23. № 6. P. 116—122.
10. Muslimov M.G., Taimazova N.S., Arnautova G.I. et al. Comparative characteristics of productivity elements among film and huskless forms of oat // International Journal of Ecology and Development. 2017. Т. 32. № 4. С. 130—137.

Поступила в редакцию 21.05.2024
Принята к публикации 04.06.2024

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ПРОРОСТИМ НА КАРТОФЕЛЕ

Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-3999-9179

Рансия Болеславовна Максимова, научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-0324-8525

Сергей Аркадьевич Максуткин, научный сотрудник

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. Цель исследования — определить влияние биоорганических препаратов ПроРостим Старт и ПроРостим Стандарт на формирование урожайности и качество картофеля сорта Гала в условиях дерново-подзолистого почвы. Наибольшее снижение фитофтороза было при обработке клубней ПроРостим Старт и растений во время вегетации ПроРостим Стандарт. Трехкратное применение по вегетации ПроРостим Стандарт привело к увеличению заболеваемости картофеля фитофторозом. Использование ПроРостим Старт повысило урожайность клубней картофеля на 2,5 т/га (6,6%), еще на 3,3 т/га (8,5%) она поднялась при их совместном применении. Наибольшая урожайность картофеля (42,7 т/га) была в варианте с ПроРостим Старт и двукратной обработкой ПроРостим Стандарт. Исследуемые варианты не оказали существенного влияния на процентное содержание крахмала в картофеле.

Ключевые слова: картофель, ПроРостим Старт, ПроРостим Стандарт, урожайность, фитофтороз, крахмал

EFFICIENCY OF USING BIOLOGICAL PREPARATIONS PRORORSTIM ON POTATOES

S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences

R.B. Maksimova, Researcher

S.A. Maksutkin, Researcher

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

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to determine the effect of bioorganic preparations ProRostim "Start" and ProRostim "Standard" on the formation of yield and quality of potatoes of the Gala variety in conditions of sod-podzolic soil. The greatest reduction in late blight was with the combined use of ProRostim "Start" when processing tubers and ProRostim "Standard" during the growing season. Three-time application of ProRostim "Standard" during the growing season led to an increase in the incidence of potato late blight. The use of ProRostim "Start" significantly increased the yield of potato tubers by 2.5 t/ha (6.6%). The yield increased even higher by 3.3 t/ha (8.5%) when using ProRostim "Start" and "Standard" together. The highest potato yield — 42.7 t/ha — is observed in the variant with the use of ProRostim "Start" preparations and double treatment with ProRostim "Standard". The studied options did not have a significant effect on the percentage of starch in potatoes.

Keywords: potatoes, ProRostim "Start", ProRostim "Standard", productivity, late blight, starch

Выращивание картофеля — трудоемкий процесс. Для получения хорошего урожая необходимо обеспечить культуру всеми недостающими для нормального роста и развития питательными веществами. [7]

При культивировании картофеля чаще всего используют микроудобрения в доступной для растений форме. Грамотное их внесение помогает формировать здоровые и сильные кусты. Такие растения меньше повреждаются вредителями и болезнями. [5] Перспективные — биоорганические препараты, стимуляторы роста растений — ПроРостим, обогащенные макро- и микроэлементами (медь, цинк, цезий, молибден, селен и другие).

Уникальная формула препарата обеспечивает максимальную эффективность от обработки семян, листовой органической подкормки до созревания. [1, 6, 8] В его состав входят гуминовые кислоты, которые мобилизируют иммунную систему растений, стимулируют развитие мощной корневой системы, ускоряют обменные процессы в растительной клетке, снижая содержание нитратов и увеличивая количество пигментов, витаминов, сахаров и других ценных веществ. В итоге повышается урожайность и качество продукции. [1, 8]

Микроэлементы улучшают обмен веществ, устраняют функциональные нарушения, содействуют нормальному течению физиолого-биохимических процессов, влияют на фотосинтез и дыхание. Возрастает устойчивость растений к бактериальным и грибковым заболеваниям, неблагоприятным факторам окружающей среды (засуха, повышение или понижение температуры). Высокой эффективностью обладают микроэлементы в хелатной форме, содержащиеся в жидких удобрительных смесях. [2, 3, 9]

Цель работы — определить влияние биоорганических препаратов ПроРостим Старт и Стандарт на формирование урожайности и качество картофеля сорта Гала в условиях дерново-подзолистого почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования с биологическими препаратами ПроРостим, изготовленными ООО «ЭКОР-М» (г. Нижний Новгород) проводили на опытном поле Марийского НИИСХ — филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2021–2023 годах. Почва — дерново-подзолистая среднесуглинистая с содержанием

Таблица 1.

Метеорологические данные за 2021–2023 годы

Месяц	Температура воздуха, °С			Осадки					
				2021		2022		2023	
	2021	2022	2023	мм	% нормы	мм	% нормы	мм	% нормы
Май	16,4	9,2	14,2	55	137	52	130	44	113
Июнь	21,0	17,4	15,1	41	63	78	120	25	39
Июль	20,9	20,2	19,8	37	59	104	136	70	92
Август	20,3	21,0	18,8	72	112	36	56	12	18

гумуса (по Тюрину) – 1,95...2,26%, подвижного фосфора – 371...503, обменного калия – 134...142 мг/кг, рН_{сол} – 5,3...6,1. Минеральные удобрения N₆₀P₆₀K₆₀ (нитроаммофоска) вносили общим фоном по схеме: 1 вариант – обработка клубней Селест Топ (0,4 л/т) + некорневая обработка по вегетации Ридомил Голд (2,5 кг га) – хозяйственный контроль; 2 – хозяйственный контроль + обработка клубней ПроРостим Старт (1,0 л/т); 3 – хозяйственный контроль + обработка клубней ПроРостим Старт (1,0 л/т) + некорневая обработка по вегетации ПроРостим Стандарт (1,0 л/га); 4 – хозяйственный контроль + обработка клубней ПроРостим Старт (1,0 л/т) + двукратная некорневая обработка по вегетации ПроРостим Стандарт (1,0 л/га) с интервалом в две недели; 5 – хозяйственный контроль + обработка клубней ПроРостим Старт (1,0 л/т) + трехкратная некорневая обработка по вегетации ПроРостим Стандарт (1,0 л/га) с интервалом в две недели.

Учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам, статистическую обработку полученных данных – по Б.А. Доспехову. [4]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Метеорологические условия в годы исследований соответствовали климатическим условиям Республики Марий Эл (табл. 1).

Условия 2021 года были благоприятными. Высаживали картофель в прогретую, но сухую почву в конце мая. Недостаток влаги в июне и июле отрицательно сказался на клубнеобразовании, но количество осадков в августе (112% нормы) способствовало формированию полноценного урожая.

Избыток влаги в первой половине вегетации 2022 года положительно повлиял на число образовавшихся клубней. В июле осадков выпало до 136% нормы, произошло переуплотнение почвы. Клубни деформировались, появились ростовые трещины. В середине июля на ботве картофеля были замечены первые признаки поражения фитофторозом.

Май 2023 года был благоприятным для посадки, но дефицит влаги в летние месяцы отрицательно отразился на числе образовавшихся клубней. Период вегетации 2023 года в соответствии с особенностями и требованиями растений картофеля можно характеризовать как удовлетворительный.

Биоудобрение ПроРостим способствует снижению распространения фитофтороза, по сравнению с хозяйственным контролем (табл. 2). В среднем за три года в контроле оно составило 14,17%. Обработка клубней ПроРостим Старт уменьшила распространение болезни на 1,77% (НСР₀₅ = 1,78). Больше снижение фитофтороза было при совместном применении ПроРостим

Старт на клубнях и Стандарт по вегетации. Лучший результат наблюдали при двукратном использовании ПроРостим Стандарт, трехкратное по вегетации привело к увеличению заболеваемости.

Если в фазе полного цветения у растения сформировалась хорошая наземная масса, то будет максимальное клубнеобразование. [7] Применение изучаемых биоорганических препаратов способствовало достоверному увеличению урожайности картофеля во всех вариантах опыта.

В контрольном варианте урожайность клубней в среднем за три года составила 38,7 т/га. С ПроРостим Старт она увеличилась на 2,5 т/га (6,6%), при совместном действии биопрепаратов – 3,3 т/га (8,5%). Наибольшую урожайность картофеля (42,7 т/га) получили с использованием ПроРостим Старт и двукратной обработкой Стандартом. Прибавка к хозяйственному контролю в этом варианте – 4 т/га (10,4%). Трехкратная обработка по вегетации ПроРостим Стандарт в 2021 и 2023 годах привела к незначительному уменьшению урожайности, но в пределах ошибки опыта, по сравнению с двукратной. В среднем за три года показатель в четвертом и пятом вариантах был одинаковым – 42,7 и 42,6 т/га соответственно.

При рассмотрении структуры урожая важно знать соотношение крупных, средних и мелких клубней. Анализ показал, что наибольший процент средней фракции был в контроле. Крупные клубни получены с применением биопрепаратов.

Крахмал – один из основных компонентов, определяющих пищевую ценность картофеля. Его процентное содержание в значительной степени зависело от погодных условий. С большим количеством солнечных дней (2021 и 2023) накопление крахмала проходило интенсивнее, крахмалистость была выше, чем в годы с более прохладной погодой (2022). Внешение препаратов ПроРостим в среднем за три года

Таблица 2.

Влияние препаратов ПроРостим на развитие болезни, среднее за 2021–2023 годы

Вариант	Фитофтороз	
	распространенность, %	развитие, %
1	14,17	9,07
2	12,40	7,83
3	8,17	4,87
4	5,57	2,87
5	10,53	6,73
НСР ₀₅	1,78	1,31

Таблица 3.

Влияние препаратов ПроРостим на урожайность и качество картофеля, среднее за 2021–2023 годы

Вариант	Урожайность клубней				Фракционный состав клубней, %			Крахмал, %
	всего		в том числе товарных клубней					
	т/га	к эталону, %	т/га	к эталону, %	< 30	30–60	> 60	
1	38,7		35,6		8,5	59,4	32,2	14,5
2	41,2	106,6	38,3	107,58	7,7	42,8	49,6	14,5
3	42,0	108,5	39,5	110,96	6,3	49,5	44,2	14,4
4	42,7	110,4	40,6	114,04	5,3	45,2	49,7	14,6
5	42,6	110,1	39,9	112,08	4,9	47,7	47,3	14,5
НСР ₀₅	2,1		1,6					0,1

существенно не повлияло на процентное содержание крахмала в картофеле.

Таким образом, совместное применение химических средств защиты растений с биоудобрением ПроРостим Старт и двукратным опрыскиванием ПроРостим Стандарт способствует уменьшению распространения фитофтороза, оказывает положительное действие на весь цикл развития картофеля и выход клубней. Прибавка урожая составила 4,0 т/га (10,4%), по сравнению с контролем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Ашаева О.А., Масленников С.Н., Егоров Д.С. Занозина Е.С. Изучение особенностей формирования урожайности зерна яровой пшеницы под влиянием жидких комплексных минеральных удобрений // Актуальные вопросы аграрной науки: Сб. трудов по итогам Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня рождения к.с.-х.н., проф., декана агрономического факультета с 1983 г. по 1994 г. Осипова А.П., Н. Новгород, 29 ноября 2022 года. Нижний Новгород: ФГБОУ Нижегородская ГСХА. 2023. С. 152–156. EDN: ZNHLYV.
- Булдаков С.А. Плеханова Л.П. Опыт использования биопрепаратов для внедрения в органическое картофелеводство. // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 5 (95) С. 105–108. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.018>
- Гейгер Е.Ю., Варламова Л.Д., Семенов В.В. и др. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования // Агрохимический вестник. 2017. № 2. С. 29–32.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования. // Изд-е 5-е, доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Заикин Б.А. Зейрук В.Н., Белов Г.Л. и др. Совместное применение протравителей с регуляторами роста растений на картофеле // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 72–76. <https://doi.org/10.2411/0235-2516-2019-10079>
- Замятин С.А., Максимова Р.Б. Применение препаратов «Проростим» при возделывании яровой пшеницы // Развитие современных систем земледелия и животноводства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды / Мат. Всерос. науч. конф. с межд. уч., посвящ. 110-летию Пермского НИИСХ. Науч. Редколлегия К.Н. Корляков [и др.]. Пермь, 2023. С. 229–235.
- Соколов И.А., Федорова Ю.Н., Федорова Л.Н. Влияние микроэлементного препарата «Витанол» на развитие оригинального семенного картофеля первого полевого поколения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (197). С. 12–17.
- Соловьева К.М. Пожидаева Е.В., Ашаева О.В. Роль биостимуляторов роста растений в ресурсосберегающем земледелии // Научное обеспечение отрасли растениеводства и землеустройства сельскохозяйственных предприятий: Мат. Всерос. науч.-практ. конф. науч.-педагогических работников и молодых ученых посвященной 120-летию со дня рождения д.б.н., проф. Елены Петровны Куклиной–Хрущевой, Н. Новгород, 06–07 октября 2021 г. Н.Новгород: ФГБОУ «Нижегородская ГСХА. 2022. С. 7–19.
- Фицура Д.Д., Сердюков В.А., Гасило Д.С. Результаты применения биопрепаратов и биоудобрений при выращивании картофеля на дерново-подзолистой почве. // Картофелеводство. 2021. № 29. С. 145–155. <https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-145-155>

REFERENCES

- Ashaeva O.A., Maslennikov S.N., Egorov D.S. Zanozina E.S. Izuchenie osobennostey formirovaniya urozhajnosti zerna yarovojs pshenicy pod vliyaniem zhidkih kompleksnyh mineral'nyh udobrenij // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki: Sb. trudov po itogam Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 85-letiyu so dnya rozhdeniya k.s.-h.n., prof., dekana agromicheskogo fakul'teta s 1983 g. po 1994 g. Osipova A.P., N. Novgorod, 29 noyabrya 2022 goda. Nizhnij Novgorod: FGBOU Nizhegorodskaya GSHA. 2023. S. 152–156. EDN: ZNHLYV.
- Buldaikov S.A. Plekhanova L.P. Opyt ispol'zovaniya biopreparatov dlya vnedreniya v organicheskoe kartofelevodstvo. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2020. № 5 (95) S. 105–108. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.018>
- Gejger E.Yu., Varlamova L.D., Semenov V.V. i dr. Mikroudobreniya na helatnoj osnove: opyt i perspektivy ispol'zovaniya // Agrohicheskij vestnik. 2017. № 2. S. 29–32.
- Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniya. // Izd-e 5-e, dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
- Zaikin B.A. Zejruk V.N., Belov G.L. i dr. Sovmestnoe primenienie protravitelej s regulyatorami rosta rastenij na kartofele // Agrohicheskij vestnik. 2019. № 5. S. 72–76. <https://doi.org/10.2411/0235-2516-2019-10079>
- Zamyatin S.A., Maksimova R.B. Primenenie preparatov «Prorostim» pri vozdel'yanii yarovojs pshenicy // Razvitiye sovremennyh sistem zemledeliya i zhivotnovodstva, obespechivayushchih ekologicheskuyu bezopasnost' okruzhayushchej sredy / Mat. Vseros. nauch. konf. s mezhd. uch., posvyashch. 110-letiyu Permskogo NIISH. Nauch. Redkollegiya K.N. Korlyakov [i dr.]. Perm', 2023. S. 229–235.
- Sokolov I.A., Fedorova Yu.N., Fedorova L.N. Vliyanie mikroelementnogo preparata «Vitanol» na razvitiye original'nogo

semennogo kartofelya pervogo polevogo pokoleniya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 3 (197). S. 12–17.

8. Solov'eva K.M., Pozhidaeva E.V., Ashaeva O.V. Rol' biostimulyatorov rosta rastenij v resursosberegayushchem zemledelii // Nauchnoe obespechenie otrasli rastenievodstva i zemleustrojstva sel'skohozyajstvennyh predpriyatij: Mat. Vsers. nauch.-prakt. konf. nauch.-pedagogicheskikh rabotnikov i molodyh uchenykh posvyashchennoj 120-letiyu so dnya rozh-

deniya d.b.n., prof. Eleny Petrovny Kuklinoj—Hrushchevoj, N. Novgorod, 06–07 oktyabrya 2021 g. N. Novgorod: FGBOU «Nizhegorodskaya GSHA. 2022. S. 7–19.

9. Ficuro D.D., Serdyukov V.A., Gastilo D.S. Rezul'taty primeneniya biopreparatov i bioudobrenij pri vyrashchivanii kartofelya na dernovo-podzolistoj pochve. // Kartofelevodstvo. 2021. № 29. S. 145–155.
<https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-145-155>

Поступила в редакцию 27.03.2024

Принята к публикации 10.04.2024

УДК 633.34

DOI: 10.31857/S2500208224060078, EDN: WUVSWY

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ И СИМБИОТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЕВОВ СОИ

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

Алий Леонидович Бозиев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID ID: 000-0002-7615-292X

Залимхан Аликович Кажаров, аспирант

Адам Темирканович Зинченко, аспирант

Исмаил Расулович Бейтуганов, магистрант

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

E-mail: imhanieva@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния совместного применения микробиологических удобрений и микроэлементов на формирование фотосинтетического и симбиотического аппарата, величину и структуру урожая, химический состав и качество семян сои, проведенных на выщелоченных черноземах в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики. Использование микробиологических удобрений и микроэлементов в качестве препаратов для предпосевной обработки семян сои увеличивает вес активных клубеньков на 46,7–61,0 кг/га, активный симбиотический потенциал – 2,4–2,8 тыс. ед., количество фиксированного азота воздуха симбиотической системой сои – 36,1–40,1 кг/га. В 2022 году максимальное количество клубеньков, в том числе активных, образовалось в варианте Фон + Ультрастим®, наименьшее – в контроле. В менее влагообеспеченном для образования клубеньков 2023 году максимальное их количество было в варианте Фон + АТУВА®. Создание оптимальных условий для биологической азотфиксации (Фон + АТУВА®) повышает площадь листьев сои на 14,1 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал – 72,7 тыс. ед., накопление сухого вещества – 1,84 т/га, урожай семян – 1,33 т/га. Применение микробиологических удобрений и микроэлементов (Фон + АТУВА®) увеличивает содержание азота в вегетативных и генеративных органах сои в течение всей вегетации, повышает накопление азота посевами на 36,1–40,1 кг/га, долю участия азота воздуха в питании растений – 42–50%; содержание белка в семенах – 1,1%, при этом сбор белка с семенами сои возрастает на 479 кг.

Ключевые слова: соя, симбиоз, клубеньковые бактерии, активный симбиотический потенциал, удельная активность симбиоза, микроэлементы, микробиологические удобрения, урожайность

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS AND MICROELEMENTS ON INDICATORS OF PHOTOSYNTHETIC AND SYMBIOTIC ACTIVITY OF SOYBEAN CROPS

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

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

Z.A. Kazharov, PhD Student

A.T. Zinchenko, PhD Student

I.R. Beituganov, Master Student

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

E-mail: imhanieva@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the effect of the combined use of microbiological fertilizers and microelements on the formation of the photosynthetic and symbiotic apparatus, the size and structure of the yield, the chemical composition and quality of soybean seeds, carried out on leached chernozems in the Kabardino-Balkarian Republic foothills zone. The use of microbiological fertilizers and microelements as preparations for pre-sowing treatment of soybean seeds increases the weight of active nodules by 46.7–61.0 kg / ha, the active symbiotic potential – 2.4–2.8 thousand units, the amount of fixed atmospheric nitrogen by the symbiotic soybean system – 36.1–40.1 kg / ha. In 2022, the maximum number of nodules, including active ones, was formed in the Fon + Ultrastim® variant, the smallest – in the control. In 2023 which

was less moisture-rich for nodule formation, the maximum number of nodules was in the Background + ATUVA® variant. Creating optimal conditions for biological nitrogen fixation (Background + ATUVA®) increases the area of soybean leaves by 14.1 thousand m²/ha, photosynthetic potential is 72.7 thousand units, dry matter accumulation is 1.84 t/ha, seed yield — 1.33 t/ha. The microbiological fertilizers and microelements application (Background + ATUVA®) increases the nitrogen content in the vegetative and generative organs of soybeans throughout the growing season, increases the nitrogen accumulation by seeds by 36.1–40.1 kg/ha, the share of atmospheric nitrogen in plant nutrition — 42–50%; the protein content in seeds is 1.1%, while the collection of protein with soybean seeds increases by 479 kg.

Keywords: soybean, symbiosis, nodule bacteria, active symbiotic potential, specific activity of symbiosis, microelements, microbiological fertilizers, yield

В зарубежных странах расширяется производство продукции растениеводства на основе экологизированных технологий (альтернативное производство, органическое земледелие). Под экологичным сельскохозяйственным производством следует понимать производство продукции со значительным сокращением, а иногда полным отказом от промышленных минеральных удобрений и химических средств защиты растений при максимальном использовании биологических факторов повышения плодородия, не оказывающих отрицательного воздействия на природу, из-за минимального привлечения внешних и максимального применения внутренних ресурсов. [1, 10]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2022–2023 годах на территории учебно-производственного комбината ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Объект изучения — сорт сои *Вилана*.

Почва — среднесуглинистый выщелоченный чернозем с нейтральной реакцией среды (рН_{сол.} — 6,5), содержание гумуса — 3,2...3,5%, легкогидролизуемого азота (по Тюрину) — 15, подвижного фосфора (по Мачигину) — 10,2, обменного калия (по Мачигину) — 35 мг/100 г. [5, 6]

Схема опыта: 1. Контроль; 2. Фон + Ризоторфин В; 3. Фон + Азотофикс; 4. Фон + Ультрастим®; 5. Фон + Хайстик; 6. Фон + АТУВА®.

Фон для испытания microbiологических удобрений — обработка препаратами Биокомпозиция КМ[™] и Индикатор[™].

Биокомпозиция КМ[™] — сбалансированный набор микроэлементов для предпосевной обработки и обработки по вегетации бобовых культур: Бор (В) — 3,4%, медь (Cu) — 2,8, цинк (Zn) — 2,8, молибден (Mo) — 16,9, кобальт (Co) — 2,1%. Производитель «Экос».

Индикатор[™] — краситель при совместном применении с жидким инокулянтом ризоторфином для контроля качества обработки семян (равномерность нанесения препарата). Производитель — «Экос».

Доза препаратов при обработке: Ризоторфин В (*Rhizobium japonicum*) жидкая форма + индикатор + молибден + 4 штамма бактерий (6346, 6406, 6456, 626a) — 3 л/т; Хайстик (*Bradyrhizobium japonicum*) — 400 г на гектарную норму семян; Ультрастим® (*Bradyrhizobium japonicum*) — 2 л/т; Азотофикс (*Bradyrhizobium japonicum* 1097) — 400 г на гектарную норму семян; АТУВА®, (*Bradyrhizobium japonicum* штаммы бактерий: Semia 5079 и Semia 5080) — 2 л/т. [2]

Метеорологические показатели вегетационных периодов 2022–2023 годов были близки к среднегодовым. Повторность — четырехкратная, площадь делянки — 50 м². Агротехника общепринятая для данной зоны.

Изучение величины и активности симбиотического аппарата устанавливали по методике Г.С. Посыпанова, фенологические наблюдения — по Госсортосети, площадь листьев определяли методом высечек, учитывали густоту всходов и растений перед уборкой. [7, 9]

Фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали по формуле Кидда, Веста и Бриггса, влажность почвы — весовым методом (по вариантам отбирали почвенные образцы по фазам вегетаций растения буром Некрасова двух слоев — 0...20 и 20...40 см). [5] Содержание сырого белка определяли умножением коэффициента 6,25 на содержание азота в семенах. Учет урожая поделачночный, с приведением урожая семян к стандартной влажности 14 и 100% чистоты. Количество в растительных образцах азота, фосфора и калия устанавливали методами, предложенными ЦИНАО. [3]

Биометрические анализы растительных проб проводили с фазы всходов и далее через 10...15 дн. до конца вегетации, приурочивая отбор проб к фазам развития.

Урожайные данные математически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [3] Значение фиксированного азота воздуха находили по методике Г.С. Посыпанова. [9]

Цель работы — изучение влияния совместного действия microbiологических удобрений и микроэлементов на формирование фотосинтетического и симбиотического аппарата, величину и структуру урожая, химический состав и качество семян сои.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Симбиотическая фиксация азота воздуха соей возможна только при наличии на ее корнях активных клубеньковых бактерий. [8]

Установлено, что изучаемые в опыте microbiологические удобрения и микроэлементы существенно влияют на формирование клубеньков на корнях растений сои (табл. 1).

В 2022 году наибольшее количество клубеньков, в том числе активных, образовалось в варианте Фон + Ультрастим®, наименьшее — в контроле. В 2023 году, менее влагообеспеченном для активного функционирования симбиотической системы, максимальное количество клубеньков сформировано в варианте Фон + АТУВА®.

Максимальная площадь листьев во всех вариантах была достаточно большой как в 2022, так и 2023 годах, этот показатель мало зависел от условий возделывания сои (табл. 2).

Наибольшая листовая поверхность за два года была сформирована в варианте Фон + АТУВА®. По нашему мнению, это объясняется созданием более благоприятных условий для активного функционирования бобоворизобияльного симбиоза, по сравнению с другими вариантами. Фотосинтетический потенциал в

2022 году оказался выше, чем в 2023 на 813...1269 ед. Объективную оценку состоянию посевов сои дают показатели накопления сухого вещества и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Наибольшее количество сухого вещества накоплено в варианте Фон + АТУВА®: 2022 – 120,3, 2023 – 108,8 ц/га. Чистая продуктивность фотосинтеза в 2022 году была ниже, чем

в 2023. Достаточно высоким этот показатель был в вариантах Фон + Ризоторфин В (2022 год) и Фон + Азотофикс, Фон + Ультрастим®, Фон + АТУВА® (2023).

Микробиологические препараты и микроэлементы положительно повлияли на формирование основных элементов структуры урожая (табл. 3).

В 2022 году количество семян на один боб в контроле – 1,3, в других вариантах – 1,4...1,5. Биологический урожай в контроле – 21,0 ц/га, что на 15,0 и 9,0 ц/га ниже, по сравнению с вариантом Фон + АТУВА® и Фон + Хайстик.

В 2023 году количество бобов на одно растение, по сравнению с 2022, было несколько ниже. Биологический урожай мало отличался от такого же показателя 2022.

В 2023 году мы рассчитали удельную активность симбиоза (УАС) сои по активному симбиотическому потенциалу (АСП) и потребленному количеству азота растениями в разные фазы развития.

Самый высокий УАС отмечен в период образования бобов – полный налив семян: от 7,9 (контроль) до 14,1 (Фон + Азотофикс и Фон + АТУВА®). Максимальное накопление азота у сои за два года отмечено в фазе полного налива семян, но наибольшая интенсивность его потребления – при образовании бобов (табл. 4).

Для расчета количества фиксированного азота соей следует взять АСП до фазы полного налива семян. УАС за вегетацию мы вывели по УАС в разные периоды развития растений. Чтобы точнее оценить симбиотическую деятельность посевов, мы нашли среднее значение УАС для всех вариантов опыта – 10,2 ед.

Таблица 1.
Динамика формирования сырой массы клубеньков
(числитель – активные, знаменатель – всего)
в зависимости от применяемых микробиологических
удобрений и микроэлементов, кг/га

Фаза развития	Контроль	Фон + Ризоторфин В	Фон + Азотофикс	Фон + Ультрастим®	Фон + Хайстик	Фон + АТУВА®
2022						
Первый тройчатый лист	25,6	34,2	50,7	65,6	48,5	48,5
Бутонизация	27,9	35,9	50,7	66,7	49,6	47,3
Цветение	34,8	46,7	61,6	76,4	55,9	52,4
Образование семян	72,9	80,9	96,3	116,9	95,2	95,8
Полный налив семян	66,7	79,2	88,9	113,4	85,5	94,6
	68,4	81,5	95,2	119,7	88,9	95,2
Начало созревания	10,4	16,5	21,6	18,2	18,8	21,1
	45,6	48,5	51,3	55,3	49,6	46,2
2023						
Первый тройчатый лист	15	26,0	34,7	33,0	35,2	36,9
Бутонизация	17	26,4	28,1	46,8	51,2	51,9
Цветение	21	33,0	35,8	40,7	47,9	49,0
Образование семян	24	38,0	55,0	62,7	67,7	73,7
Полный налив семян	69,0	83,1	94,0	111,0	120,2	130,0
	74,1	94,1	104,0	121,0	132,6	137,5
Начало созревания	12,1	25,9	20,9	38,5	34,7	62,7
	29,3	34,7	33,6	46,2	53,4	94,6

Таблица 2.
Показатели фотосинтетической деятельности сои
в зависимости от применяемых микробиологических
удобрений и микроэлементов

Показатель	Год	Контроль	Фон + Ризоторфин В	Фон + Азотофикс	Фон + Хайстик	Фон + АТУВА®
Максимальная площадь листьев, тыс. м²/га	2022	50,1	52,9	55,8	61,1	64,2
	2023	46,1	47,5	48,0	50,2	53,0
ФСП, тыс. м² дн./га	2022	3779	3763	4016	4263	4506
	2023	2966	3034	3038	3112	3237
Максимальное накопление сухого вещества, ц/га	2022	101,6	114,7	113,3	118,5	120,3
	2023	82,7	96,6	104,2	106,0	108,8
ЧПФ, г/м²/сут.	2022	2,7	3,0	2,8	2,8	2,7
	2023	2,9	3,2	3,4	3,4	3,4

Таблица 3.
Влияние микробиологических препаратов и микроэлементов
на основные элементы структуры урожая сои

Показатель	Контроль	Фон + Ризоторфин В	Фон + Азотофикс	Фон + Ультрастим®	Фон + Хайстик	Фон + АТУВА®
2022						
Густота стояния (тыс. шт.) перед уборкой	228	228	228	228	228	228
Высота растений, см	112	112	112	113	113	112
Бобы, шт./раст.	46	47	47	48	48	50
Семена, шт./бобов	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
Семена шт./раст.	60	66	66	67	72	75
Масса семян, г/раст.	9,2	10,8	11,2	12,1	13,0	15,7
Масса 1000 семян, г	153	164	169	181	180	209
Биологический урожай, ц/га	21,0	24,6	25,5	27,6	29,6	35,8
2023						
Густота стояния (тыс. шт.) перед уборкой	220	220	220	220	220	220
Высота растений, см	112	111	112	113	115	114
Бобы, шт./раст.	37	38	42	43	45	49
Семена шт./бобов	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6
Семена, шт./раст.	56	57	63	69	72	78
Масса семян, г/раст.	9,2	10,7	11,5	12,8	13,6	16,5
Масса 1000 семян, г	164	187	183	186	189	211
Биологический урожай, ц/га	20,2	23,5	25,3	28,2	29,9	36,3

Таблица 4.
Расчет удельной активности симбиоза сои по АСП и потреблению азота растениями в разные периоды онтогенеза, 2023 год

Вариант	Цветение – образование бобов			Образование бобов – полный налив семян			За вегетацию		
	АСП	N (кг)	УАС г/кг/сут.	АСП	N (кг)	УАС г/кг/сут.	АСП	N (кг)	УАС г/кг/сут.
Контроль	438,0	97,0	3,8	1506,0	30,0	7,9	1944,0	127,0	5,8
Фон + Ризоторфин В	781,0	95,0	5,9	2178,0	57,0	12,4	2959,0	152,0	9,1
Фон + Азотофикс	999,0	104,0	7,0	2623,0	67,0	14,1	3622,0	171,0	10,5
Фон + Ультрастим®	1137,0	106,0	7,9	3031,0	69,0	12,9	4168,0	175,0	10,4
Фон + Хайстик	1271,0	111,0	11,0	3146,0	74,0	14,0	4417,0	185,0	12,5
Фон + АТУВА®	1351,0	112,0	11,1	3394,0	78,0	14,1	4744,0	190,0	12,6

Зная УАС и АСП можно определить количество фиксированного азота воздуха. В варианте Фон + Ризоторфин В АСП – 2959, УАС – 10,2 ед. Рассчитали количество усвоенного растениями азота воздуха в результате симбиоза за вегетацию: $2959 \times 10,2 = 30,2$ кг/га. По такому же методу рассчитывается этот показатель в других вариантах опыта (табл. 5).

Большой практический и теоретический интерес представляют источники азота (почва, воздух, вегетативные органы) для формирования урожая семян сои. По количеству поступления или оттока азота в растения установили из каких органов растения, почвы и воздуха и в каких количествах в течение онтогенеза азот поступает в репродуктивные органы (табл. 6). Из данных таблицы следует, что во всех вариантах (исключение – контроль) из воздуха и почвы поступает в семена более половины необходимого количества азота. Доля вегетативных органов, как источника азота для формирования семян сои, несколько ниже.

Более активный симбиоз обнаружен там, где выше общее поступление азота в семена. Наибольшее количество азота в семенах было в вариантах опыта Фон + Хайстик и Фон + АТУВА®, в контроле – в два раза меньше, чем в варианте Фон + АТУВА®.

Количество фиксированного азота воздуха (табл. 5) во всех вариантах, за исключением контроля (где не было клубеньков) и инокуляции семян, примерно соответствует данным по поступлению азота из почвы и воздуха (табл. 6). Это говорит о том, что в условиях хорошего симбиоза соя способна фиксировать более половины необходимого азота для формирования семян из воздуха и в меньшей степени использовать его из почвы.

Урожай семян сои в 2022 году был немного выше, чем в 2023 (табл. 7). Очень важный качественный показатель семян сои – содержание в них белка и жира. Содержание жира в абсолютно сухом веществе в среднем за два года в семенах находилось на уровне 20,4...21,5, белка – 36,7...37,8%. Сбор белка и жира определяется, в основном, уровнем урожайности, обусловленной условиями выращивания.

Наибольший сбор белка и жира мы отмечали в вариантах Фон + АТУВА®, Фон + Хайстик, наименьший – в контроле. Примерно такая же закономерность была в 2022 и 2023 годах.

Выводы. Использование микробиологических удобрений и микроэлементов в качестве препаратов для предпосевной обработки семян сои увеличивает вес активных клубеньков на 46,7...61 кг/га, АСП – 2,4...2,8 тыс. ед., количество фиксированного азота воз-

Таблица 5.
Расчет фиксированного азота воздуха (кг/га) по удельной активности симбиоза (УАС) и активному симбиотическому потенциалу (АСП) за вегетацию, 2023 год

Показатель	Контроль	Фон + Ризоторфин В	Фон + Азотофикс	Фон + Ультрастим®	Фон + Хайстик	Фон + АТУВА®
УАС – 10,2 г/кг/сут.						
АСП (до полного налива семян)	2581	4189	5067	5678	6120	6505
Фиксированный азот, кг/га	26,3	42,7	51,7	57,9	62,4	66,4

Таблица 6.
Доля отдельных источников азота (числитель – кг/га, знаменатель – воздух/почва) в формировании репродуктивных органов, 2023 год

Источник поступления азота	Контроль	Фон + Ризоторфин В	Фон + Азотофикс	Фон + Ультрастим®	Фон + Хайстик	Фон + АТУВА®
Общее поступление	$\frac{79}{100}$	$\frac{106}{100}$	$\frac{116}{100}$	$\frac{127}{100}$	$\frac{134}{100}$	$\frac{137}{100}$
Из почвы и воздуха	$\frac{30}{38}$	$\frac{58}{55}$	$\frac{67}{58}$	$\frac{69}{54}$	$\frac{74}{55}$	$\frac{78}{57}$
Из вегетативных органов	$\frac{49}{62}$	$\frac{48}{45}$	$\frac{49}{42}$	$\frac{58}{46}$	$\frac{60}{45}$	$\frac{59}{43}$

Таблица 7.
Урожай семян сои в зависимости от условий выращивания, т/га

Год	Контроль	Фон + Ризоторфин В	Фон + Азотофикс	Фон + Ультрастим®	Фон + Хайстик	Фон + АТУВА®
2022	1,74	2,04	2,14	2,35	2,40	3,07
2023	1,57	1,93	2,07	2,25	2,31	2,60
НСР 0,95				2022 – 0,27 т/га 2023 – 0,44 т/га		

духа симбиотической системой сои — 36,1...40,1 кг/га. В 2022 году максимальное количество клубеньков, в том числе активных, образовалось в варианте Фон + Ультрастим®, наименьшее — в контроле. В менее влагообеспеченном для образования клубеньков 2023 году их максимальное количество было в варианте Фон + АТУВА®.

Создание оптимальных условий для биологической азотфиксации (Фон + АТУВА®) повышает площадь листьев сои на 14,1 тыс. м²/га, ФП — 72,7 тыс. ед., накопление сухого вещества — 1,84 т/га, урожай семян — 1,33 т/га.

Применение микробиологических удобрений и микроэлементов (Фон + АТУВА®) увеличивает содержание азота в вегетативных и генеративных органах сои в течение всей вегетации, повышает накопление азота посевами на 36,1...40,1 кг/га, долю участия азота воздуха в питании растений — 42...50%, содержание белка в семенах — 1,1%, при этом сбор белка с семенами сои возрастает на 479 кг.

Создание оптимальных условий (Фон + АТУВА®) для симбиотической азотфиксации помогает сформировать урожай семян сои порядка 3,0 т/га без затрат дорогостоящих азотных удобрений и это обеспечивает экологически чистое производство.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бозиев А.Л., Шукаев А.А., Ханиева И.М. и др. Эффективность применения биопрепаратов на посевах сои в предгорной зоне КБР // Перспективные инновационные проекты молодых ученых: Мат. IX Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Нальчик, 10–15 января 2022 года. Нальчик: Принт Центр, 2022. С. 244–250. EDN JQCHNP.
- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов по состоянию на 3 октября 2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/>.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350 с.
- Жеруков Б.Х. Обоснование фактических и возможных объемов биологической фиксации азота воздуха в Северокавказском регионе: На прим. Кабардин.-Балкар. Респ.: Автореф. дис. ... докт. с-х. наук: 06.01.09. М.: ТСХА, 1995. 35 с.
- Зонн С.В., Герасимов И.П. Краткий почвенно-географический очерк — КБАССР. В сб.: Природные ресурсы КБАССР. М.-Л., изд. АН СССР, 1964.
- Керефов К.Н., Фиашев Б.Х. Природные зоны и пояса Кабардино-Балкарской АССР. Кабард.-Балкар. гос. ун-т, Кабард.-Балкар. респ. совет Всерос. о-ва охраны природы. Нальчик: Б. и., 1977. 71 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Технол. оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур; [Под общ. ред. М. А. Федина]. М.: Б. и., 1988. 121 с.
- Посыпанов Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка: монография. М.: ИНФРА-М, 2015. 250 с.
- Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 299 с.
- Апажихов Б.Х. Оптимизация технологических приемов возделывания сои в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики: Автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.09. Нальчик: 2008. 24 с. <https://earthpapers.net/optimizatsiya-tehnologicheskikh-priemov-vozdelyvaniya-soi-v-usloviyah-predgornoy-zony-kabardino-balkarskoy-respubliki#2>
- Bozиеv A.L., Shukaev A.A., Hanieva I.M. i dr. Effektivnost' primeneniya biopreparatov na posevah soi v predgornoy zone KBR // Perspektivnye innovacionnye proekty molodykh uchenykh: Mat. IX Vseros. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Nal'chik, 10–15 yanvarya 2022 goda. Nal'chik: Print Centr, 2022. S. 244–250. EDN: JQCHNP.
- Gosudarstvennyy katalog pesticidov i agrohimikatov po sostoyaniyu na 3 oktyabrya 2022 g. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/>.
- Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya studentov vysshikh sel'skhozaystvennykh uchebnykh zavedeniy po agronomicheskim special'nostyam. Izd. 6-e, ster., perepеч. s 5-go izd. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. 350 s.
- Zherukov B.H. Obosnovanie fakticheskikh i vozmozhnykh ob'emov biologicheskoy fiksatsii azota vozduha v Severokavkazskom regione: Na prim. Kabardin.-Balkar. Resp.: Avtoref. dis. ... dokt. s-h. nauk: 06.01.09. M.: TSHA, 1995. 35 s.
- Zonn S.V., Gerasimov I.P. Kratkij pochvenno-geograficheskij ocherk — KBASSR. V sb.: Prirodnye resursy KBASSR. M.-L., izd. ANSSSR, 1964.
- Kerefov K.N., Fiapshev B.H. Prirodnye zony i poyasa Kabardino-Balkarskoj ASSR. Kabard.-Balkar. gos. un-t, Kabard.-Balkar. resp. sovet Vseros. o-va ohrany prirody. Nal'chik: B. i., 1977. 71 s.
- Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skhozaystvennykh kul'tur: Tekhnol. ocenka zernovykh, krupyanykh i zernobobovykh kul'tur / Gos. komis. po sortoispytaniyu s.-h. kul'tur; [Pod obshch. red. M. A. Fedina]. M.: B. i., 1988. 121 s.
- Posypanov G.S. Biologicheskij azot. Problemy ekologii i rastitel'nogo belka: monografiya. M.: INFRA-M, 2015. 250 s.
- Posypanov, G.S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksatsii azota vozduha. M.: Agropromizdat, 1991. 299 s.
- Apazhihov B.H. Optimizatsiya tekhnologicheskikh priemov vozdelyvaniya soi v usloviyah predgornoy zony Kabardino-Balkarskoj Respublik: Avtoref. dis. ... kand. s-h. nauk: 06.01.09. Nal'chik: 2008. 24 s. <https://earthpapers.net/optimizatsiya-tehnologicheskikh-priemov-vozdelyvaniya-soi-v-usloviyah-predgornoy-zony-kabardino-balkarskoy-respubliki#2>

Поступила в редакцию 14.06.2024

Принята к публикации 28.06.2024

ЭТАПЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОРТИМЕНТА ЯБЛОНИ В РОССИИ

Евгений Николаевич Седов, академик РАН, профессор

Татьяна Владимировна Янчук, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Светлана Александровна Корнеева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,

д. Жилина, Орловская обл., Россия

E-mail: sedov@orel.vniispk.ru

Аннотация. В статье показана история создания и совершенствования сортимента яблони в России, а также краткая биографическая справка известных отечественных селекционеров яблони родившихся до 1910 года. Представлены селекционные достижения современных учреждений средней полосы России и Северного Кавказа, а также результаты селекции яблони за последние 70 лет во ВНИИСПК. Дана краткая хозяйственно-биологическая характеристика сортов яблони разного происхождения: от повторных и географически отдаленных скрещиваний — 18 сортов; колонновидных — 5; иммунных к парше — 9; триплоидных — 12; триплоидных, обладающих иммунитетом к парше — 7 сортов. Показан допуск внедрения сортов яблони в ряде регионов. Сорта яблони селекции ВНИИСПК, допущенные для возделывания в четырех регионах России — Веняминовское, Ветеран, Орлик, Орловское полосатое, Рождественское и Синап орловский, в трех — Кандиль орловский, Куликовское и Орловское полосатое, в двух — Афродита, Болотовское, Имрус, Курнаковское, Морозовское, Орловское полевое, Свежесть, Солнышко, Строевское и Яблочный Спас, в одном — все остальные.

Ключевые слова: яблоня, селекция, сорта, совершенствование сортимента, возрастающие требования

STAGES OF IMPROVING THE APPLE TREE ASSORTMENT IN RUSSIA

E.N. Sedov, Academician of the RAS, Professor

T.V. Yanchuk, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

S.A. Korneeva, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

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

E-mail: sedov@orel.vniispk.ru

Abstract. The article shows the history of the creation and improvement of apple assortment in Russia. The article also provides a brief biographical information of famous domestic apple breeders born before 1910. The breeding achievements of modern institutions in Central Russia and the North Caucasus are shown. The results of apple breeding over the past 70 years at VNIISP are summarized. A brief economic and biological characteristic of apple cultivars of different origin is given: cultivars from repeated and geographically remote crosses — 18 cultivars; columnar cultivars — 5; scab immune cultivars — 9; triploids — 12; triploids having immunity to scab — 7. The tolerance for the introduction of apple cultivars in a number of regions is shown. Apple cultivars of VNIISP breeding approved for cultivation in 4 regions of Russia: Veniaminovskoye, Veteran, Orlik, Orlovskoye Polosatoye, Rozhdestvenskoye and Sinap Orlovsky. The cultivars Candil Orlovsky, Kulikovskoye and Orlovskoye Polosatoye are approved for cultivation in three regions; while the cultivars Afrodita, Bolotovskoye, Imrus, Kurnakovskoye, Morozovskoye, Orlovskoye Polesye, Svezhest, Solnyshko, Stroeviskoye and Yablochny Spas are approved for cultivation in two regions. The remaining apple cultivars can still be cultivated only in one region of Russia.

Keywords: apple, breeding, cultivars, assortment improvement, relative to demands

I. Итоги работы первых селекционеров яблони в России

Первый помолог и селекционер яблони в России — **Андрей Тимофеевич Болотов** (1738–1833). В начале 19 века им созданы сорта яблони *Болотовка* (*Дворянинка*), получен от посева семян народной селекции *Украинская зеленка*, а также *Андреевка* и *Ромадановка* — сеянцы народной селекции *Зеленка обыкновенная*. [4, 5]

Иван Владимирович Мичурин (1855–1935) — выдающийся биолог, первый селекционер-генетик. Его сорта яблони *Бельфлер-китайка*, *Бессемянка мичуринская*, *Пепин шафранный* и *Китайка золотая ранняя* и сейчас находятся в Госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию. [4]

Иван Прохорович Бедро (1874–1943) — один из основоположников сибирского садоводства. Из гибридных сеянцев яблони академика Н.Ф. Кащенко выделил зи-

мостойкие сорта *Багрянка Кащенко*, *Сибирское золото*, *Сибирская звезда*. В настоящее время они не входят в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

Иосиф Степанович Горшков (1886–1965) — ученик, помощник и продолжатель работ И.В. Мичурина, член-корреспондент ВАСХНИЛ. И.В. Мичурин один из сортов яблони назвал *Кандиль Горшкова*.

Адам Станиславович Гребницкий (Докторович) (1857–1941). Вместе с профессором А.Ф. Рудзским принимал участие в первом русском издании двухтомного труда Н. Гоше «Руководство по плодоводству». А.С. Гребницкий вошел в историю русского садоводства трудом «Атлас плодов» (1903, 1906) с описанием 46 из 114 распространенных в России сортов яблони.

Порфирий Афанасьевич Дибров (1883–1965) — автор и соавтор 23 сортов яблони и груши, в том числе сортов

яблони *Заря, Радуга, Щедрая, Уралочка*. В настоящее время они вышли в тираж.

Иван Антонович Ефремов (1867–1939). В 30-х годах был приглашен академиком В.Л. Комаровым в Дальневосточный филиал академии наук, где работал на Горно-таежной станции садоводства. Автор 12 сортов яблони, которые уже вышли в тираж.

Павел Александрович Жаворонков (1901–1974) — автор 14 сортов яблони.

Василий Корнеевич Заец (1902–1990) — помолог и селекционер, доктор сельскохозяйственных наук. С 1938 по 1965 год работал во ВНИИС имени И.В. Мичурина. Соавтор сортов яблони *Весна, Мечта, Конфетное, Синап орловский*. Последний в настоящее время районирован в четырех регионах России.

Сергей Иванович Исаев (1901–1985) — ученый-биолог, генетик, селекционер, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Изучал селекционную эффективность различных типов гибридизации яблони. Под его руководством разработана методика селекции плодовых культур, создана сеть опытных учреждений страны по садоводству. Автор более 40 сортов яблони, из которых *Северный синап, Коричное новое, Осенняя радость, Память Мичурина, Юный натуралист* находятся в Госреестре селекционных достижений.

Ида Павловна Калинина (1926–2015) — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАСХН, Лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники, Заслуженный деятель науки. Более 50 лет (с 1946 года) работала на Алтайской опытной станции садоводства и в НИИ садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко. Соавтор 162 сортов яблони, вишни, облепихи, смородины, калины, жимолости. Награждена орденами Ленина, Октябрьской революции, «За заслуги перед Отечеством IV степени». И.П. Калинина — первый автор сортов яблони *Алтайская красавица, Алтайское янтарное, Баяна, Зарево, Зимний шафран, Комаровское, Красная горка, Поклон Шукшину, Стройное, Сурхурай, Толунай, Шушенское*, которые находятся в Госреестре селекционных достижений. [1]

Григорий Карпович Карпов (1894–1979) — автор сорта яблони *Ренет Карпова*, который до сих пор в Госреестре по двум регионам России. Работал во ВНИИС имени И.В. Мичурина научным сотрудником и заместителем директора по научной работе, с 1940 по 1947 год — директором института, с 1947 — трудился на Орловской опытной станции садоводства, а с 1953 — в ЦГЛ имени И.В. Мичурина.

Николай Федорович Кащенко (1855–1935). Ученый в области селекции плодовых культур, основоположник сибирского научного садоводства. В 1908 году первым из сибирских пловодов приступил к скрещиванию сибирской ягодной яблони и ранетки *Бугристой* с сортами *Налив белый* и *Грушовка московская*. Получил семь сортов ранеток, в том числе *Багрянка Кащенко, Сибирская заря, Сибирское золото* и *Янтарка Кащенко*. К настоящему времени они исключены из районирования.

Сергей Павлович Кедрин (1905–1981) — ученый в области селекции семечковых культур, кандидат сельскохозяйственных наук, заслуженный агроном РСФСР, старший научный сотрудник, участник ВОВ, основной автор 30 сортов яблони, в том числе райо-

нированных в настоящее время (*Жигулевское, Кутузовец, Спартак*).

Михаил Фадеевич Копылов (1864–1921). С 1892 года занимался посевом семян с целью выведения новых сортов. В результате было отобрано 36, среди которых наибольшее распространение получили *Райка Копылова, Замороженка, Синап Копылова, Бундин*. Они в настоящее время не входят в Госреестр, но представляют интерес как исходные формы в селекции.

Павел Петрович Костык (1903–1983) — заведующий отделом селекции и сорторазведения плодовых, ягодных и орехоплодных культур Кабардино-Балкарской ОСС. Им создано более 40 сортов яблони и других плодовых культур. Почти все они в настоящее время вышли в тираж, сыграв определенную роль в свое время.

Всёволод Михайлович Крутовский (1867–1945). Многие из его сортов вышли в тираж, но сорт яблони *Лалетина* до сих пор районирован в трех регионах России.

Иван Матвеевич Леонов (1902–1990) — пловод, селекционер. Соавтор семи сортов яблони, из которых *Авангард, Подарок* и *Минусинское красное* до настоящего времени находятся в Госреестре.

Михаил Афанасьевич Лисавенко (1897–1967) — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик ВАСХНИЛ, Герой труда, организатор научного садоводства Сибири, руководитель Алтайской ПЯОС. Им создано 30 сортов яблони, из которых *Горноалтайское* до сих пор в Госреестре селекционных достижений.

Артёмий Максимович Лукашов (1870–1942) — один из первых селекционеров плодовых культур на Дальнем Востоке. Под руководством И.В. Мичурина занимался селекцией яблони на Дальнем Востоке. Его сорта *Тёма* и *Внучка* долгое время находились в районировании.

Лев Платонович Симиренко (1855–1920) — выдающийся ученый в области садоводства и питомниководства. Им создан сорт яблони *Ренет Симиренко*, который районирован в Центральном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах России.

Николай Николаевич Тихонов (1903–1985) — автор 37 сортов яблони, которые в свое время сыграли важную роль.

Михаил Михайлович Ульянищев (1894–1972) — ученый в области селекции плодовых культур, доктор сельскохозяйственных наук, автор 19 сортов яблони, из которых 9 и в настоящее время находятся в Госреестре селекционных достижений (*Августина, Академическая, Виктория, Изумительное, Коралл, Михайловская, Натальюшка, Россошанское августовское, Россошанское полосатое*). Большая их часть районированы в двух регионах России.

Семен Федорович Черненко (1877–1974) — ученый-селекционер, ближайший соратник и последователь И.В. Мичурина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, автор более 60 сортов яблони. До настоящего времени в Госреестре селекционных достижений числятся сорта *Июльское Черненко, Подарок, Тамбовское, Богатырь, Звездочка* и *Пепин Черненко*. *Богатырь* и *Звездочка* районированы в четырех регионах, а *Июльское Черненко* в двух. Во многих его сортах плоды характеризуются повышенным содержанием витаминов, дерева — зимостойкостью.

II. Современные селекционные учреждения средней полосы России и Северного Кавказа, их роль в совершенствовании сортимента яблони

В ФНЦ имени И.В. Мичурина из 37 сортов яблони, созданных и районированных, особый интерес представляют, по нашему мнению, новые сорта *Академик Казаков*, *Благовест*, *Былина*, *Вишневая*, *Флагман*, *Фрегат* и *Чародейка*. [3]

Из 17 сортов селекции ФНЦ садоводства (Москва) особенно интересны *Валюта*, *Диалог*, *Останкино*, *Триумф*, а из 31 сорта селекции Северо-Кавказского ФНЦ СВВ — *Кубанское Багряное*, *Линда*, *Новелла*, *Орион*. [2, 3]

Направления в селекции яблони и сорта, созданные во ВНИИСПК

1. Создание новых сортов от повторных и географически отдаленных скрещиваний

Ветеран — зимний сорт, плоды (масса — 130 г, слегка конической формы) сохраняются до середины марта, скороплодный, высокоурожайный. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде оранжево-розовых полос (рис. 1, 4-я стр. обл.). Вкус кисло-сладкий, повышенное содержание витамина С. Районирован в Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном и Средневолжском регионах.

Желанное — позднелетний, плоды (120 г, приплюснутые) хранятся до середины сентября, зимостойкий и урожайность высокие, устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде размытого румянца красного цвета и темно-красных полос. Вкус кисло-сладкий, гармоничный. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Зарянка — осенний, плоды (130 г, приплюснутые) хранятся до декабря, высокоустойчив к парше, скороплодный, урожайный, зимостойкий. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде буро-красных полос на розовом фоне. Мякоть сочная, очень сочная, кисло-сладкая. Районирован в Центральном регионе.

Куликовское — зимний, плоды (125 г, округлые) хранятся до конца марта, зимостойкий, устойчив к парше, скороплодный, высокоурожайный. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде полос и размытого пурпурного румянца. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центральном, Центрально-Черноземном и Средневолжском регионах.

Морозовское — раннезимний, плоды (160 г, приплюснутые) хранятся до конца января, урожайный. Покровная окраска по всему плоду в виде размытого интенсивного со свекольным оттенком румянца. Вкус сладко-кислый. Районирован в Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Олимпийское — зимний, плоды (130 г, репчатой формы) хранятся до февраля, скороплодный, урожайный, недостаточно устойчив к парше. Покровная окраска в виде сливающихся полос буровато-красного цвета на большей части плода. Мякоть рыхлая кисло-сладкого вкуса. Районирован в Нижневолжском регионе.

Орлик — зимний, плоды (140 г, слабо уплощенной формы) хранятся до февраля, скороплодный, высокоурожайный. Покровная окраска по всей поверхности плода в виде сливающихся полос и размытого румян-

ца красного цвета (рис. 2, 4-я стр. обл.). Вкус кисло-сладкий, десертный. Районирован в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном и Нижневолжском регионах.

Орлинка — летний, плоды (140 г, округлые) хранятся до середины сентября. Скороплодный, высокоурожайный, зимостойкий, устойчив к парше. Покровная окраска занимает большую часть поверхности плода в виде красных полос по карминному фону. Вкус приятный, кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Орловим — летний, плоды (130 г, средне уплощенные) хранятся до середины сентября. Скороплодный, высокоурожайный, зимостойкий, устойчив к парше, засухоустойчив. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде ярко-красных полос и размытого румянца. Мякоть очень сочная, кисло-сладкая с сильным ароматом. Районирован в Центральном регионе.

Орловская заря — зимний, плоды (130 г) сохраняются до конца января, скороплодный, урожайный. Покровная окраска в виде размытого ярко-красного румянца. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центральном регионе.

Орловский пионер — осенний, плоды (140 г, сильно уплощенные) хранятся до конца октября, высокоурожайный. Покровная окраска в виде румянца и полос красного цвета. Районирован в Центральном регионе.

Орловское полосатое — позднеосенний, плоды (150 г, округло-конические) хранятся до конца декабря, скороплодный, урожайный. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде ярких размытых полос пурпурно-малиновой окраски. Мякоть гармоничного вкуса с ощутимой кислотой. Районирован в Центральном, Центрально-Черноземном, Средневолжском и Нижневолжском регионах.

Память воину — зимний, плоды (140 г, слегка уплощенные) хранятся до конца января, высокоурожайный, устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде полос и крапин свекольно-красного цвета. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Память Исаева — позднеосенний, плоды (150 г, приплюснутые) хранятся до середины декабря, зимостойкий, урожайный, устойчив к парше. Покровная окраска на половине или меньшей части поверхности плода в виде полос и размытого румянца. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центральном регионе.

Пепин орловский — зимний, плоды (140 г, ширококонические, ребристые) хранятся до середины января, высокоурожайный, устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода размытая, малиновая. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центральном регионе.

Радость Надежды — позднелетний, плоды (150 г, плоскоокруглые) хранятся до октября, урожайный, устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде полос и размытого румянца темно-красного цвета. Мякоть нежная, кисло-сладкая. Районирован в Центральном регионе.

Раннее алое — летний, плоды (130 г, округлой формы) хранятся до середины сентября, скороплодный, урожайный, зимостойкий, среднеустойчив к парше. Покровная окраска в виде темно-красного румянца на большей части плода. Мякоть сочная, вкус кисло-

сладкий, гармоничный. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Славянин — позднеосенний, плоды (150 г, слегка приплюснутые) хранятся до конца декабря, устойчив к парше, урожайный, зимостойкий, склонен к периодичности плодоношения. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде красных полос и крапин. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центральном регионе.

2. Создание колонновидных сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию [6]

Восторг — зимний, плоды (170 г, среднеуплощенные, скошенные) хранятся до февраля, зимостойкий, скороплодный, высокоурожайный, регулярно плодоносящий. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде сильно выраженного румянца. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Гирлянда — зимний, плоды (120 г, приплюснутые) хранятся до конца февраля, скороплодный, высокоурожайный, зимостойкий. Покровная окраска на большей части поверхности плода размытая, темно-красного цвета. Вкус гармоничный кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Орловская Есения — зимний, плоды (150 г, среднеуплощенные, скошенные) хранятся до февраля, скороплодный, высокоурожайный. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде сильно выраженного румянца и крапин красного цвета. Вкус гармоничный, кисло-сладкий, с преобладанием сахара. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Поэзия — зимний, плоды (140 г, приплюснутые) хранятся до февраля. Скороплодный, высокоурожайный, регулярно плодоносящий. Покровная окраска на большей части поверхности плода размытая, темно-красная. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Приокское — зимний, плоды (150 г, конические) хранятся до февраля, скороплодный, высокоурожайный. Покровная окраска на большей части поверхности плода размытая, темно-красного или малинового цвета. Вкус гармоничный кисло-сладкий с преобладанием сахара. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

3. Создание иммунных к парше сортов

Афродита — раннезимний, плоды (130 г, среднеуплощенные) хранятся до конца декабря, урожайный, зимостойкий. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде размытого румянца, полос и крапин темно-малинового цвета. Вкус гармоничный, кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском регионах.

Болотовское — зимний, плоды (150 г, приплюснутые) хранятся до февраля, урожайный, зимостойкий. Покровная окраска на значительной части поверхности плода в виде красного румянца, состоящего из полос и крапин. Вкус кисло-сладкий, с преобладанием сахара. Районирован в Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Веньяминовское — зимний, плоды (130 г, округло-конические) сохраняются до конца февраля, очень скоро-

плодный, высокоурожайный, регулярно плодоносящий, зимостойкий. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде малинового румянца (рис. 3, 4-я стр. обл.). Вкус гармоничный кисло-сладкий. Районирован в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском регионах.

Памяти Хитрово — зимний, плоды (170 г, приплюснутые) сохраняются до конца февраля, высокоурожайный, регулярно плодоносящий, зимостойкий. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде ярко-красного румянца и крапин. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Свежесть — позднезимний, плоды (140 г, бочонковидные, широкоребристые) хранятся до конца мая, урожайный, зимостойкий. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде штрихов и полос красного цвета. Районирован в Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Солнышко — позднеосенний, плоды (140 г, продолговатые) хранятся до октября, урожайный, устойчив к мучнистой росе. Покровная окраска по всему плоду в виде яркого сплошного румянца малинового цвета. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Старт — зимний, плоды (140 г, продолговатые) хранятся до конца февраля, урожайный, зимостойкий, засухоустойчивый. Покровная окраска на меньшей части поверхности плода в виде размытых полос и крапин кирпично-красного цвета. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Строевское — зимний, плоды (120 г, конические) хранятся до конца февраля. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде сливающихся полос и размытого румянца малинового цвета. Вкус гармоничный кисло-сладкий. Районирован в Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Юбилей Москвы — зимний, плоды (120 г, продолговато-конические) хранятся до конца февраля, урожайный, средней зимостойкости. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде яркого румянца малинового цвета. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

4. Создание триплоидных сортов яблони

Августа — позднелетний, плоды (160 г, продолговатые) хранятся до конца сентября, зимостойкий, устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде размытого румянца. Мякоть сочная, кисло-сладкого десертного вкуса. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Бежин луг — зимний, плоды (150 г, продолговатые) хранятся до февраля, скороплодный, регулярно плодоносящий, высокоурожайный, устойчив к парше. Покровная окраска на половине поверхности плода в виде размытого малинового румянца. Мякоть сочная кисло-сладкого вкуса. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Дарёна — позднезимний, плоды (170 г, продолговатые) хранятся до конца сентября, зимостойкий, недостаточно устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде румянца и розовых крапин. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

День Победы — зимний, плоды (140 г, конические) сохраняются до конца марта, высокоурожайный, с

регулярным плодоношением. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде размытых полос красного цвета. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Министр Киселев — зимний, плоды (170 г, приплюснутые) сохраняются до середины марта, высокоурожайный, с регулярным плодоношением, зимостойкий, устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде размытого румянца малинового цвета. Вкус кисло-сладкий с преобладанием сахара. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Низкорослое — зимний, плоды (130 г, приплюснутые) хранятся до конца февраля, скороплодный, высокоурожайный, зимостойкий, недостаточно устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде красных, сливающихся в сплошной румянец, полос. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Орловский партизан — зимний, плоды (190 г, слабоконические) хранятся до середины февраля, высокоурожайный, зимостойкий, устойчив к парше. Покровная окраска на половине поверхности плода в виде румянца и полос свекольного цвета. Вкус кисло-сладкий с преобладанием сахара. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Осиновское — летний, плоды (130 г, слегка приплюснутые) хранятся до середины сентября, высокоурожайный, с регулярным плодоношением. Покровная окраска — на меньшей части поверхности плода в виде розовых штрихов. Вкус кисло-сладкий с преобладанием сахара. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Память Семакину — раннезимний, плоды (160 г, приплюснутые) хранятся до конца декабря, скороплодный, регулярно плодоносящий, урожайный, зимостойкий, устойчив к парше. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде красных полос по светло-красному фону. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Патриот — зимний, плоды (240 г, слабоконические) хранятся до начала февраля, устойчив к парше, урожайный, регулярно плодоносящий, зимостойкий. Покровная окраска на меньшей части поверхности плода в виде размытого красного румянца. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Синап орловский — позднезимний, плоды (150 г, округло-конические) хранятся до конца апреля, скороплодный, урожайный, ежегодно плодоносящий, зимостойкий. Покровная окраска проявляется на солнечной стороне плода в виде размытого нежного румянца (рис. 4, 4-я стр. обл.). Вкус кисло-сладкий, гармоничный. Районирован в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном и Средневожском регионах.

Тургеневское — зимний, плоды (180 г, сильно уплощенные) хранятся до марта, высокоурожайный, регулярно плодоносящий, устойчив к парше. Покровная окраска на половине поверхности плода ярко-красного цвета. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

5. Триплоидные сорта, обладающие иммунитетом к парше

Александр Бойко — зимний, плоды (200 г, среднеуплощенные) хранятся до середины марта, высоко-

урожайный, регулярно плодоносящий, зимостойкий. Покровная окраска на половине поверхности плода в виде румянца ярко-малинового цвета. Мякоть сочная, вкус кисло-сладкий, гармоничный. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Вавиловское — зимний, плоды (170 г, слегка приплюснутые) хранятся до середины марта, высокоурожайный, регулярно плодоносящий, зимостойкий. Покровная окраска занимает примерно половину поверхности плода в виде размытых полос красного цвета. Вкус гармоничный, кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Масловское — летний, плоды (230 г, приплюснутые) хранятся до конца сентября, скороплодный. Покровная окраска на меньшей части поверхности плода в виде крапин розового цвета. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Праздничное — зимний, плоды (150 г, слегка приплюснутые) хранятся до середины января, скороплодный, урожайный. Покровная окраска на большей части поверхности плода размытая темно-красного цвета. Вкус кисло-сладкий, десертный.

Рождественское — зимний, плоды (140 г, приплюснутые) хранятся до конца января, скороплодный, высокоустойчивый, регулярно плодоносящий. Покровная окраска на большей части поверхности плода в виде красного размытого румянца и крапин вишневого цвета (рис. 5, 4-я стр. обл.). Вкус кисло-сладкий, гармоничный. Районирован в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском регионах.

Юбилар — летний, плоды (130 г, ширококонические) хранятся до конца сентября, скороплодный, высокоурожайный, регулярно плодоносящий. Покровная окраска занимает меньшую часть поверхности плода в виде штрихов и крапин малинового цвета. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центрально-Черноземном регионе.

Яблочный Спас — летний, плоды (200 г, ширококонические) хранятся до конца сентября, скороплодный, высокоурожайный, регулярно плодоносящий. Покровная окраска занимает меньшую часть поверхности плода в виде полос малинового цвета. Вкус кисло-сладкий. Районирован в Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Селекционные учреждения в настоящее время обеспечивают производство новыми сортами яблоны. Первостепенная задача — постоянное обновление сортимента, так как требования к сортам возрастают.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Калинина И.П., Ящемская З.С., Макаренко С.А. Селекция яблони на зимостойкость, высокую урожайность, устойчивость к парше и повышенное качество плодов на юге Западной Сибири. Новосибирск. 2010. 310 с.
2. Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений. М. 2011. 528 с.
3. Помология. Т. I. Яблоня. М.: РАН. 2020. 634 с.
4. Садоводы ученые России (краткий биографический справочник). Орел: ВНИИСПК. 2016. 560 с.
5. Седов Е.Н., А.Т. Болотов — помолог, плодовод и селекционер // Садоводство и виноградарство. 2013. № 4. С. 9—14.
6. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Макаркина М.А. и др. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции. 2015. 336 с.

REFERENCES

1. Kalinina I.P., Yashchemskaya Z.S., Makarenko S.A. Selekcija yabloni na zimostojkost', vysokuyu urozhajnost', ustojchivost' k parshe i povyshennoe kachestvo plodov na yuge Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk. 2010. 310 s.
2. Kichina V.V. Principy uluchsheniya sadovyh rastenij. M. 2011. 528 s.
3. Pomologiya. T. I. Yablonya. M.: RAN. 2020. 634 s.
4. Sadovody uchenye Rossii (kratkij biograficheskij spravochnik). Orel: VNIISPK. 2016. 560 s.
5. Sedov E.N. A.T. Bolotov — pomolog, plodovod i selekcioner // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2013. № 4. S. 9—14.
6. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Makarkina M.A. i dr. Innovacii v izmenenii genoma yabloni. Novye perspektivy v selekcii. 2015. 336 s.

Поступила в редакцию 31.05.2024

Принята к публикации 14.06.2024

УДК 631.51

DOI: 10.31857/S2500208224060094, EDN: WUOKOE

РАЗВИТИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ СОРТОВ КАМЧАТСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Вера Васильевна Гайнатулина, кандидат сельскохозяйственных наук

Роман Ахтямович Хасбиуллин, научный сотрудник

Ольга Ивановна Хасбиуллина, кандидат сельскохозяйственных наук

Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», с. Сосновка, Елизовский район, Камчатский край, Россия
E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния различных приемов посадки и ухода за картофелем камчатской селекции на показатели развития растений, фотосинтез, формирование продуктивности и урожайности для усовершенствования существующей технологии. Наибольшая ассимиляционная поверхность листьев сформировалась в фазе цветения, при посадке с прикатыванием и без прикатывания почвы и последующим гребнеобразованием, увеличение, по сравнению с контролем, составило в среднем по сортам: Фреско — 7,9 тыс. м²/га (17,6%), Гейзер — 4,5 (10,0), Вулкан — 3,2 тыс. м²/га (8,6%). Эта же закономерность наблюдается в период массовых всходов: Фреско — 4,5 тыс. м²/га (37,5%), Гейзер — 2,5 (20,8), Вулкан — 2,5 тыс. м²/га (23,8%). В варианте посадки с прикатыванием почвы и гребнеобразованием при уходе чистая продуктивность фотосинтеза выросла в среднем на 16,9% в зависимости от сорта, фотосинтетический потенциал сорта Фреско — 22,2, Гейзер — 15,3, Вулкан — 13,3%, сухая биомасса — 7,5 т/га (40,9%), 7,1 (32,6), 6,5 т/га (36,7%) соответственно. От формирования листовой поверхности зависит будущий урожай, в вариантах с прикатыванием почвы и гребнеобразованием при уходе за растениями урожайность стабильно повышалась в среднем за три года на 3,4—4,1 т/га (11,6—13,7%), по сравнению с существующей технологией.

Ключевые слова: Камчатский край, картофель, сорта, прикатывание почвы, гребнеобразование, фотосинтетическая деятельность, урожайность, биохимические показатели

DEVELOPMENT AND FORMATION OF PRODUCTIVITY OF POTATO VARIETIES OF KAMCHATKA BREEDING DEPENDING ON THE ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY

V.V. Gainatulina, PhD in Agricultural Sciences

R.A. Khasbiullin, Researcher

O.I. Khasbiullina, PhD in Agricultural Sciences

Kamchatka Research Institute of Agriculture — branch of the Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov, s. Sosnovka, Elizovskij area, Kamchatskij kraj, Russia
E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

Abstract. The influence of different technological methods of planting and care of potatoes is studied, the values of plant development, photosynthesis, formation of productivity and yield at cultivation of new potato varieties of Kamchatka selection is established in order to improve the existing technology. The recommended methods of planting and plant care have a direct impact on the formation of assimilative surface of potato leaves. The greatest assimilative surface of leaves was formed in the flowering phase, at planting with and without soil rolling and ridge formation at care, the increase to the controlled variant was on average for varieties: Fresco — 7.9 thousand m²/ha (17.6%), Geyser — 4.5 thousand m²/ha (10.0%), Vulkan — 3.2 thousand m²/ha (8.6%). The same pattern is observed during the period of mass sprouting, in the variety Fresco assimilative surface of leaves increased to the controlled variant by 4.5 thousand m²/ha (37.5%), Geyser — 2.5 thousand m²/ha (20.8%), Vulkan — 2.5 thousand m²/ha (23.8%). In terms of net photosynthetic productivity, we note an increase of 16.9% on average, depending on the variety, in comparison with the controlled variant in the way with planting with soil rolling and ridge formation during maintenance. On the same variant we note an increase to controlled variant photosynthetic potential of potato plantings on the variety Fresco — 22.2%, Geyser — 15.3%; Vulkan — 13.3% and dry biomass — 7.5 t/ha (40.9%), 7.1 t/ha (32.6%), 6.5 t/ha (36.7%), respectively. The future yield of potatoes

depends on the formation of leaf surface, on variants with soil rolling and ridge formation in the care of potato plants noted a stable increase in yield on average for three years 3.4–4.1 t/ha or 11.6–13.7% compared to the current technology.

Keywords: Kamchatka region potato, varieties, soil rolling, ridge formation, photosynthetic activity, yield, biochemical values

Картофелеводство — одна из важнейших отраслей сельского хозяйства Камчатского края. Вопросами совершенствования технологии возделывания картофеля занимаются во всех регионах России, это связано с почвенно-климатическими условиями, внедрением новых сортов интенсивного типа, производством новой техники, использованием современных удобрений, новых препаратов для защиты растений от болезней и вредителей. [1, 4, 6–9]

Камчатский край относится к зоне экстремального земледелия. В современных условиях для повышения продуктивности культуры актуально разрабатывать высокоэффективные приемы зональной технологии возделывания с внедрением новых сортов картофеля отечественной селекции.

Цель работы — изучить влияние различных приемов посадки и ухода за картофелем камчатской селекции на показатели развития растений, фотосинтез, формирование продуктивности и урожайности для совершенствования существующей технологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили в 2021–2023 годах на полях, расположенных в почвенно-климатической зоне Елизовского района Камчатского края. Объект исследований — новые сорта картофеля камчатской селекции *Вулкан* и *Гейзер*, предмет — технологические приемы посадки и ухода за растениями.

Почва опытного участка охристо-вулканическая, легкая по гранулометрическому составу. Содержание в пахотном горизонте (0...20 см) гумуса — 6,6% (по Тюрину), подвижного фосфора — 60,0...81,0, обменного

калия — 87,5...110,0 (по Кирсанову), нитратного азота — 19,5...28,8, аммонийного — 7,0...9,0 мг/кг сухой почвы (с помощью реактива Лунге Грисса и Несслера). Гидролитическая кислотность — 4,82 (по Каппену).

Обработка почвы перед посадкой: дискование зяби БДУ-2,1, культивация КПС-4 в два следа. Минеральные удобрения ($N_{40}P_{104}K_{104}$) вносили вразброс МХ-1200. Посадку проводили в I декаде июня картофеля сажалкой с прикатыванием почвы и без, высаживали 45 тыс. шт./га, массой по 50...60 г. В фазе массовых всходов осуществляли подкормку минеральным удобрением $N_{90}P_{80}$. Уход за растениями: междурядная обработка (рыхление или гребнеобразование) в период массовых всходов, окучивание до смыкания ботвы по схеме опыта. Против сорняков применяли гербицид Глибест-540 (2 л/га) до всходов и Зенкор-500 г/га по всходам (опрыскиватель ОМП-601,1). Чтобы защитить картофель от фитофтороза проводили четыре обработки фунгицидами контактно-системного действия (Танос — 0,6 кг/га, Ридомил Голд МЦ — 2,5, Браво — 2,0, Танос — 0,6 кг/га). Для десикации ботвы использовали Реглон-форте — 2,0 л/га за 14 дн. до уборки урожая. Картофель убирали комбайном ТРН — 7У-1.

Контроль — общепринятая технология возделывания картофеля для Камчатского края. [7] Опыт полевой, двухфакторный. Площадь делянки — 200 м², размещение систематическое, повторность трехкратная. Применяли различные комбинации обработок (табл. 1).

Учеты и наблюдения осуществляли по методикам исследований картофеля ВНИИКС, проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. [5] Результаты исследований статисти-

Таблица 1.

Влияние способов посадки и ухода на ассимиляционную поверхность листьев растений картофеля

Вариант	Площадь листьев в фазе цветения, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал посева (ФП), тыс. м ² сут./га	Чистая продуктивность фотосинтеза посева (ЧПФ) г/м ² сут.	Сухая биомасса посева, т/га
<i>Фреско</i> — стандарт				
Посадка без прикатывания почвы. Уход — рыхление и окучивание (контроль)	45,0	1623,5	11,3	18,3
Посадка без прикатывания почвы. Уход — гребнеобразование	52,2	1972,2	12,0	23,6
Посадка с прикатыванием почвы. Уход — рыхление и окучивание	50,9	1798,3	12,5	22,5
Посадка с прикатыванием почвы. Уход — гребнеобразование	53,6	1983,6	13,0	25,8
<i>Гейзер</i>				
Посадка без прикатывания почвы. Уход — рыхление и окучивание (контроль)	45,4	1635,9	13,3	21,8
Посадка без прикатывания почвы. Уход — гребнеобразование	48,6	1789,8	13,9	24,9
Посадка с прикатыванием почвы. Уход — рыхление и окучивание	46,8	1732,8	14,0	24,3
Посадка с прикатыванием почвы. Уход — гребнеобразование	51,3	1886,7	15,3	28,9
<i>Вулкан</i>				
Посадка без прикатывания почвы. Уход — рыхление и окучивание (контроль)	37,4	1368,0	12,9	17,7
Посадка без прикатывания почвы. Уход — гребнеобразование	40,1	1504,8	15,4	23,2
Посадка с прикатыванием почвы. Уход — рыхление и окучивание	39,2	1567,5	14,9	23,3
Посадка с прикатыванием почвы. Уход — гребнеобразование	41,0	1550,4	15,6	24,2

чески обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. [2]

Периоды вегетации растений характеризовались относительно благоприятными метеорологическими условиями. Температурный режим вегетационного периода 2021, 2022 и 2023 годов был выше среднеемноголетнего. В 2021 году переход среднесуточных температур воздуха через 5°C в сторону повышения произошел 12 мая, 2022 – 7 мая, 2023 – 13 мая, что на 13, 18 и 12 дн. раньше, по сравнению со средней многолетней датой (25 мая), через 10°C – 9, 12 и 8 июня, на 16, 13 и 17 дн. раньше обычного (25 июня) соответственно. Осадков в июне 2021 и 2022 года выпало 52,9 и 27,0% нормы. Период посадки картофеля 2023 года был дождливым – в I декаде июня осадков выпало 336,3% нормы, за месяц – 167,7%, в I декаде июля – 227,4%. За июль 2021, 2022 и 2023 годов выпало осадков 76,0, 53,0 и 82,9% среднеемноголетнего значения соответственно, в августе и сентябре 2021 – 18,9 и 46,3 мм (18,5 и 46,3% нормы), 2022 – на 55,1 и 35,6% больше среднеемноголетних данных, 2023 – в августе 78,3% нормы, сентябре – на 60,4% выше нормы.

Сумма активных температур более 10°C за вегетацию составила в 2021 году – 1297,5°C, 2022 – 1377,0, 2023 – 1523,0°C и была выше средней многолетней (1092°C) на 205,5, 285,0, 431,0°C соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Взаимосвязь растений в агроценозе носит постоянный характер и зависит от многих факторов. Главная задача для получения высоких урожаев картофеля – создание оптимальных условий выращивания, при которых максимально раскрываются потенциальные возможности фотосинтетической деятельности растений. Листовая поверхность играет важную роль в процессе фотосинтеза, в результате которого идет образование органического вещества, его метаболизация и эвакуация в органы запаса. [3] Формирование ассимиляционной поверхности и интенсивность фотосинтеза в наших исследованиях во многом зависит от сорта, срока проведения учета и технологических приемов возделывания.

Наибольшая ассимиляционная поверхность листьев сформировалась в фазе цветения – 45,0...53,6 тыс. м²/га

у сорта *Фреско*, 45,4...51,3 – *Гейзер*, 37,4...41,0 – *Вулкан* в зависимости от изучаемых приемов и была выше, чем во время массовых всходов у сорта *Фреско* в 3,1...4,2 раза, *Гейзер* – 3,4...3,8, *Вулкан* – 3,1...3,6 раза (табл. 1).

Положительный результат получен при посадке картофеля с прикатыванием почвы и без, последующим гребнеобразованием (второй и четвертый варианты), ассимиляционная поверхность листьев в период цветения была выше контрольного варианта в среднем у сортов: *Фреско* – на 7,9 тыс. м²/га (17,6%), *Гейзер* – 4,5 (10,0), *Вулкан* – 3,2 тыс. м²/га (8,6%). Эту же закономерность наблюдали при учете в период массовых всходов, увеличение к контролю составило у *Фреско* 4,5 тыс. м²/га (37,5%), *Гейзер* – 2,5 (20,8), *Вулкан* – 2,5 тыс. м²/га (23,8%).

Максимальная площадь листовой поверхности в период цветения получена в четвертом варианте (посадка с прикатыванием почвы, гребнеобразование при уходе) и увеличилась к контролю у сортов: *Фреско* – на 8,6 тыс. м²/га (19,1%), *Гейзер* – 5,9 (13,0), *Вулкан* – 3,6 тыс. м²/га (9,6%). Площадь листовой поверхности у сорта *Фреско* была больше, чем у *Гейзера* и *Вулкана* на 2,3 и 12,6 тыс. м²/га соответственно (рис. 1).

В этом же варианте фотосинтетический потенциал посева увеличился к контролю у сорта *Фреско* на 360,1 тыс. м²сут./га, *Гейзер* – 250,8, *Вулкан* – 182,4 тыс. м²сут./га, чистая продуктивность фотосинтеза – 1,7 г/м² сут. (15,0%), 2,0 (15,0), 2,7 г/м² сут. (20,9%), накопленные сухой биомассы – 7,5 т/га (40,9%), 7,1 (32,6), 6,5 т/га (36,7%) соответственно.

Рост растений и биологическая продуктивность картофеля – результат фотосинтетической деятельности. По трем копкам масса клубней на куст и биологическая урожайность (%) увеличились к контролю во втором и четвертом вариантах в среднем по сортам: *Фреско*, первая – 63,3 г/куст (20,1%), вторая – 111,2 (21,1), третья – 103,5 (13,7); *Гейзер* – 148,1 (42,1), 143,1 (27,6), 104,9 (14,5); *Вулкан* – 91,4 (26,5), 132,5 (28,0), 116,8 г/куст (18,6%) соответственно (табл. 2).

В этих же вариантах ассимиляционная поверхность листьев 28 августа была выше контроля у сорта *Фреско* в среднем на 17,6%, *Гейзер* – 10,0, *Вулкан* – 8,6%. Прирост массы клубней продолжается в течение всей вегетации, наибольший отмечен при третьей копке: *Фреско* – 22,0 г/куст, *Гейзер* – 16,2, *Вулкан* – 14,4 г/куст.

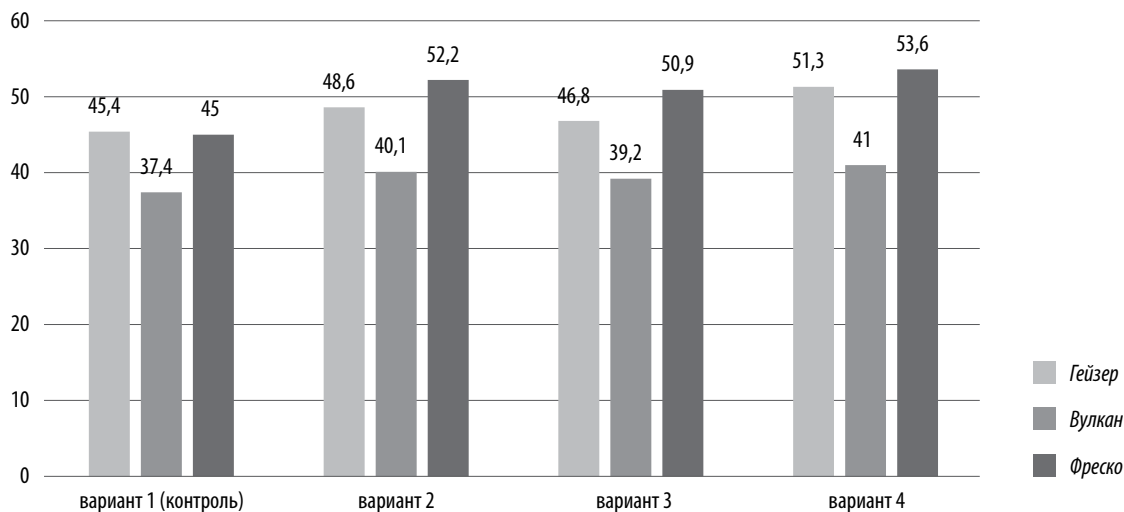


Рис. 1. Влияние способов посадки и ухода за картофелем на ассимиляционную поверхность листьев, тыс. м²/га в фазе цветения.

Таблица 2.

Динамика клубненакопления в 2021–2023 годах

Вариант	Первая копка 14.08.		Вторая копка 24.08.			Третья копка 04.09.		
	общая масса клубней, г/куст	биологическая урожайность, т/га	общая масса клубней, г/куст	биологическая урожайность, т/га	среднесуточный прирост, г/куст	общая масса клубней, г/куст	биологическая урожайность, т/га	среднесуточный прирост, г/куст
<i>Фреско</i> – стандарт								
Посадка без прикатывания. Уход – рыхление и окучивание (контроль)	315,0	14,2	508,6	22,9	19,4	753,1	33,9	24,5
Посадка без прикатывания. Уход – гребнеобразование	366,6	16,5	578,3	26,0	21,2	820,0	36,9	24,2
Посадка с прикатыванием. Уход – рыхление и окучивание	353,3	15,9	586,6	26,4	23,3	771,5	34,7	18,5
Посадка с прикатыванием. Уход – гребнеобразование	390,6	17,6	661,3	29,7	27,1	893,3	40,2	23,2
<i>Гейзер</i>								
Посадка без прикатывания. Уход – рыхление и окучивание (контроль)	355,5	15,9	520,2	23,4	16,5	714,5	32,2	19,4
Посадка без прикатывания. Уход – гребнеобразование	488,4	21,9	656,7	29,6	16,8	811,2	36,5	16,4
Посадка с прикатыванием. Уход – рыхление и окучивание	425,0	19,1	599,5	27,0	17,5	763,4	34,3	16,4
Посадка с прикатыванием. Уход – гребнеобразование	518,7	23,3	669,8	30,1	15,1	827,6	37,2	15,8
<i>Вулкан</i>								
Посадка без прикатывания. Уход – рыхление и окучивание (контроль)	336,1	15,1	478,6	21,5	14,2	633,4	28,5	15,5
Посадка без прикатывания. Уход – гребнеобразование	413,6	18,6	596,4	26,8	11,8	714,5	32,2	11,8
Посадка с прикатыванием. Уход – рыхление и окучивание	381,2	17,2	534,8	24,1	15,4	689,8	31,0	15,5
Посадка с прикатыванием. Уход – гребнеобразование	441,5	19,6	625,8	28,2	18,4	35,4	16,0	

Таблица 3.

Урожайность и биохимические показатели картофеля различных сортов, 2021–2023 годы

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Содержание в клубнях		
			крахмал, %	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг
Фреско – стандарт					
Посадка без прикатывания. Уход – рыхление, окучивание (контроль)	29,2	–	13,3	7,9	90,46
Посадка без прикатывания. Уход – гребнеобразование	31,3	2,1	13,1	10,4	50,29
Посадка с прикатыванием. Уход – рыхление, окучивание	30,3	1,1	13,5	10,1	71,35
Посадка с прикатыванием. Уход – гребнеобразование	32,6	3,4	13,5	14,6	40,96
Гейзер					
Посадка без прикатывания. Уход – рыхление, окучивание (контроль)	29,9	–	12,8	12,8	87,80
Посадка без прикатывания. Уход – гребнеобразование	32,8	2,9	13,0	14,6	64,38
Посадка с прикатыванием. Уход – рыхление, окучивание	31,3	1,4	13,0	13,2	108,08
Посадка с прикатыванием. Уход – гребнеобразование	34,0	4,1	13,3	15,4	43,33
Вулкан					
Посадка без прикатывания. Уход – рыхление, окучивание (контроль)	25,8	–	14,0	20,4	117,89
Посадка без прикатывания. Уход – гребнеобразование	28,3	2,5	14,4	23,4	66,05
Посадка с прикатыванием. Уход – рыхление, окучивание	26,9	1,1	14,1	24,0	108,39
Посадка с прикатыванием. Уход – гребнеобразование	29,3	3,5	14,5	21,8	64,70
НСР ₀₅	1,4				
Фактор А – сорта	0,7				
Фактор В – варианты	0,8				

Наиболее эффективные агроприемы – посадка картофеля с прикатыванием почвы и гребнеобразованием в период массовых всходов, увеличение урожайности к контролю сорта *Фреско* составило 3,4 т/га (11,6%), *Гейзер* – 4,1 (13,7), *Вулкан* – 3,5 т/га (13,6%) (табл. 3).

Прикатывание почвы при посадке способствовало увеличению урожайности сорта *Фреско* – на 4,1%, *Гейзер* – 3,6, *Вулкан* – 3,5, гребнеобразование – 7,6, 8,6, 8,9% соответственно.

Содержание крахмала в клубнях картофеля сорта *Фреско*, *Гейзер* и *Вулкан* в среднем – 13,4%, 13,1, 14,3% с тенденцией к увеличению по сравнению с контролем,

зависимости и отрицательного влияния от изучаемых приемов не наблюдали.

Количество витамина С в клубнях увеличилось во втором и четвертом вариантах у сорта *Фреско* – на 2,5 и 6,7 мг%, *Гейзер* – 1,8 и 2,6, *Вулкан* – 3,4 и 1,4, снизилось содержание нитратов на 44,4 и 54,8, 26,7 и 50,6, 44,0 и 45,1% по сравнению с контрольным соответственно. Оно было ниже ПДК (240 мг/кг) по всем сортам в среднем на 71,4%.

Таким образом, при возделывании картофеля сортов камчатской селекции (*Гейзер* и *Вулкан*) в условиях Камчатского края на охристо-вулканических

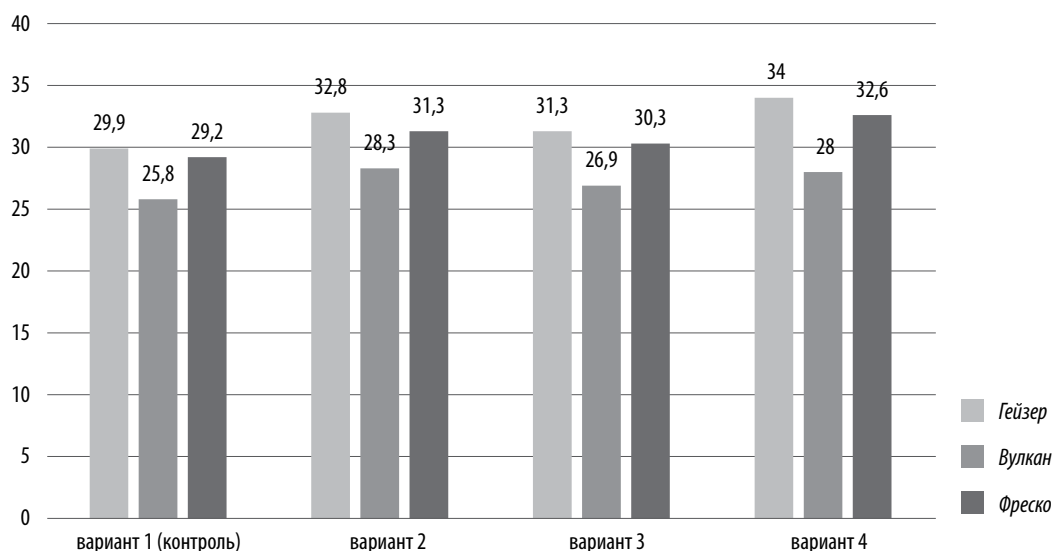


Рис. 2. Влияние способов посадки и ухода на урожайность картофеля, т/га.

почвах, положительный результат получен при посадке с прикатыванием почвы и гребнеобразованием в фазе массовых всходов, что позволило в период ухода убрать одну обработку, увеличить урожайность в среднем на 13,7%, не снижая качественные показатели клубней по сравнению с существующей технологией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Башлакова О.Н., Будина Е.А. Эффективные агроприемы на картофеле в Кировской области // Картофель и овощи. 2015. № 11. С. 29–30. EDN: UZLSPZ.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., доп. и перераб., М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: ZJQBUD.
3. Кафели В.И. Физиологические основы конструирования габитуса растений. М.: Наука, 1994. 270 с.
4. Манохина А.А. Разработка технологического процесса посадки картофеля с применением гранулированных органических удобрений (биоcontainers): специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с-х наук. М., 2012. 19 с. EDN: ZOMQVV.
5. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / [сост. С.В. Жевора, Л.С. Федотова, В.И. Старовойтов и др.] ФГБНУ ВНИИКС. М., 2019. 120 с.
6. Пшеченков К.А., Смирнов А.В. Оптимизация технологии подготовки почвы и способа внесения минеральных удобрений под картофель // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 30–32. EDN: VUZZQH.
7. Пшеченков К.А., Мальцев С.В., Смирнов А.В. Технология посадки картофеля на суглинистых почвах в Центральном регионе России // Картофель и овощи. 2017. № 9. С. 33–37. EDN: ZFMCMN.
8. Ряховская Н.И., Гайнатулина В.В. и др. Система земледелия Камчатского края. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2015. 200 с.
9. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2015. № 1 (65). С. 15–19.

REFERENCES

1. Bashlakova O.N., Budina E.A. Effektivnye agropriemy na kartofele v Kirovskoj oblasti // Kartofel' i ovoshchi. 2015. № 11. S. 29–30. EDN: UZLSPZ.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. 5-e izd., dop. i pererab., M.: Agropromizdat, 1985. 351 s. EDN: ZJQBUD.
3. Kafeli V.I. Fiziologicheskie osnovy konstruirovaniya gabitusa rasteniy. M.: Nauka, 1994. 270 s.
4. Manohina A.A. Razrabotka tekhnologicheskogo processa posadki kartofelya s primeneniem granulirovannyh organicheskikh udobreniy (biokonteynerov): special'nost' 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo hozyajstva": avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kand. s-h nauk. M., 2012. 19 s. EDN: ZOMQVV.
5. Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh opytov, uchotov, nablyudeniy i analizov na kartofele / [sost. S.V. Zhevara, L.S. Fedotova, V.I. Starovojtov i dr.] FGBNU VNIKKH. M., 2019. 120 s.
6. Pshechenkov K.A., Smirnov A.V. Optimizatsiya tekhnologii podgotovki pochvy i sposoba vneseniya mineral'nyh udobreniy pod kartofel' // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30. № 3. S. 30–32. EDN: VUZZQH.
7. Pshechenkov K.A., Mal'cev S.V., Smirnov A.V. Tekhnologiya posadki kartofelya na suglinistyyh pochvah v Central'nom regione Rossii // Kartofel' i ovoshchi. 2017. № 9. S. 33–37. EDN: ZFMCMN.
8. Ryahovskaya N.I., Gajnatulina V.V. i dr. Sistema zemledeliya Kamchatskogo kraja. Petropavlovsk-Kamchatskij: Kamchatpress, 2015. 200 s.
9. Starovojtov V.I., Starovojtova O.A., Manohina A.A. Vozdelывание kartofelya s ispol'zovaniem vlagosberegayushchih polimerov // Vestnik FGOU VPO MGAU imeni V.P. Goryachkina. 2015. № 1 (65). S. 15–19.

Поступила в редакцию 14.07.2024

Принята к публикации 28.07.2024

АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ РУККОЛЫ В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН*

Евгения Гусейновна Гаджимустапаева¹, доктор сельскохозяйственных наук
Киштили Улубиевич Куркиев^{1,2}, доктор биологических наук, ORCID: 0000-0001-8232-6183

¹Дагестанская опытная станция — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр — Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,
с. Вавилово, Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия

²Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия
E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Аннотация. Цель работы — оптимизация технологических приемов по возделыванию рукколы для получения зеленой массы в условиях Дербентского района Республики Дагестан. Исследование проводили с 2021 по 2024 год на Дагестанской ОС — филиал ВИР. В период изучения малораспространенных культур (руккола, индау, двурядник) определили продуктивность зеленой массы и семенную, товарное качество, высоту семенников. Для получения зеленой массы в открытом грунте Дербентского района оптимальные сроки посева рукколы — с сентября по I декаду декабря, и II декады февраля по май включительно. В теплице посев производили круглый год. В условиях Южного Дагестана выделены образцы: по зеленой массе с 1 м² — индау посевной широколистный (3,09 кг); индау Проито (2,99) и двурядник Оливетт (2,61); количеству семян с делянки — индау Проито (730 г), руккола культурная (470), индау посевной широколистный (420) и двурядник Оливетт (410); по массе 1000 семян — индау Проито (2,78 шт./г); руккола культурная (2,23) и двурядник Оливетт (2,17) с максимальным количеством селекционно ценных признаков. Образцы рукколы могут быть рекомендованы для включения в селекционные программы по созданию новых более совершенных сортов в условиях Дербентского района и за пределами Республики Дагестан.

Ключевые слова. Республика Дагестан, руккола, индау, двурядник, розетка, соцветие, зеленая масса, продуктивность, масса 1000 семян

AGROBIOLOGICAL EVALUATION AND PRODUCTIVITY OF ARUCOLA VARIETIES IN THE DAGESTAN REPUBLIC

E.G. Gadzhimustapaeva¹, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
K.U. Kurkiev^{1,2}, *Grand PhD in Biological Sciences*

¹Dagestan Experimental Station — branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center — All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov”, Vavilovo village, Derbent district, Russia

²Dagestan State University, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia
E-mail: vir-evg-gajimus@yandex.ru

Abstract. The objective of the work is to optimize technological methods for cultivating arugula to obtain green mass in the Derbent district of the Republic of Dagestan. The study was conducted from 2021 to 2024 at the Dagestan Experimental station (the branch of All-Russian research institute). During the study of rare crops (arugula, *Eruca sativa*, wallrocket) were determined the seed and green mass productivity, commercial quality and seed plants height. To obtain green mass in the open ground of the Derbent district, the optimal sowing dates for arugula are from September to the first ten days of December, and the second ten days of February to May inclusive. In the greenhouse conditions sowing was carried out all year round. In the Southern Dagestan conditions were distinguished the following samples: by green mass per 1 m² — *Eruca sativa* (3.09 kg); *Eruca sativa* Proito (2.99) and Olivett two-row (2.61); by the number of seeds per plot — *Eruca sativa* Proito (730 g), Arugula (470), Indau broadleaf (420) and wallrocket Olivette (410); by the weight of 1000 seeds — *Eruca sativa* Proito (2.78 pcs./g); Arugula (2.23) and wallrocket Olivette (2.17) with the maximum number of breeding valuable traits. Arugula samples may be recommended for using in breeding programs for the creating new higher-end varieties in the Derbent District and outside the Republic of Dagestan.

Keywords: Republic of Dagestan, Arugula, indau, double row, rosette, inflorescence, green mass, productivity, weight of 1000 seeds

Дикие виды рукколы в Российской Федерации встречаются в европейской части, предгорьях Дагестана и Кавказа. Руккола относится к семейству *Brassicaceae*.

Есть руккола садовая (*Eruca sativa*), ботаническое название — индау посевной, гусеничник посевной, эрука посевная (*Eruca vesicaria*) и дикая руккола, бота-

ническое название — двурядка тонколистная (*Diplotaxis tenuifolia*). [2, 4, 6]

Руккола садовая — однолетнее, травянистое растение. [5] Прикорневые листья лировидно-перисто-расчлененные с двумя-четырьмя парами боковых сегментов, последующие — лировидной формы с зубчатым, иногда гладким краем. Розетка приподнятая высотой

* Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0003 «Мировые ресурсы овощных и бахчевых культур коллекции ВИР: эффективные пути раскрытия эколого-генетических закономерностей формирования разнообразия и использования селекционного потенциала» / The work was carried out within the framework of the state task according to the thematic plan of the VIR under project No. FGEM-2022-0003 “World resources of vegetable and melon crops of the VIR collection: effective ways to reveal ecological and genetic patterns of diversity formation and use of breeding potential”.

23...35 см. Листья стеблевые — сидячие, светло- или темно-зеленые в зависимости от периода роста и развития. [7, 8] Цветки в редкой длинной кисти светлых тонов (белые, кремовые, желтоватые, с фиолетовыми прожилками), вкус — пряно-острый с горчичной нотой. Семена в стручках расположены в два ряда, похожи на горчичные.

Дикая руккола (двурядник тонколиственный) — многолетник. Высокие (до 70 см) растения склонны к полеганию. Нижние розеточные листья — узкие, длинные, сильно рассеченные, более острые на вкус, чем у однолетних индау. Цвет лепестков венчика желтый, переходящий в оранжевый. Семена в стручках мелкие, расположены в два ряда. [10]

Индау (руккола) — растение (40...60 см) с прямым ветвистым, слабоопушенным стеблем. Корень стержневой. Листья прикорневые, формируют розетку, слегка утолщенные, покрыты волосками. Вкус — пряно-перечный. Форма листовой пластинки зависит вида рукколы. Нижние листья удлинённые, обратнойцевидные с изрезанной листовой пластинкой, рассеченной на ланцетные или зубчатые доли на длинных черешках. Край листовой пластинки могут быть зубчатыми, двоякозубчатыми, с ровным или волнистым краем. [2] Цветет в апреле-мае. Соцветие — длинная, рыхлая кисть. Цветки мелкие, разных оттенков (белые, бело-розовые, желтоватые). Лепестки венчика длинные с фиолетовыми жилками. По форме они обратнотройцевидные (рис. 1, 2-я стр. обл.). Плод — продолговатый стручок на утолщенной короткой ножке. Внутри стручка семена, расположенные в два ряда, сжато-овальные или округло-овальные. По цветовой окраске светло-бурые, светло-коричневые.

Руккола улучшает работу сердечно-сосудистой системы, нормализует артериальное давление, снижает концентрацию холестерина в крови. Растительная пища помогает сократить риск развития ишемического инсульта и инфаркта миокарда. [7, 9]

В листьях индау содержатся алкалоиды, флавоноиды, аскорбиновая кислота, витамины группы В, минеральные соли, йод (до 700 мкг/кг). [4]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на Дагестанской ОС — филиал ВИР в 2021–2024 годах. Объект изучения — сорта рукколы разного происхождения.

Высевали два раза в три ряда по 6 м², по схеме 15×30 см между растениями, осенью (III декада октября) и в рассадник (III декада сентября) с последующей пересадкой на постоянное место (табл. 1).

Повторность двукратная, площадь делянки 10 м². Пересадили рассаду на постоянное место в ноябре, схема — 70×25 см. Семена заглубляли на 1,5...2,0 см в зависимости от типа и плотности почвы. Стандарт — образец индау посевной широколистный (Агрофирма Ээлита).

С появлением всходов проводят минимум два прореживания, оставляя в ряду сильные ростки через 6...7 см. Загущенные посадки формируют мелкие листья с грубыми жилками. Оптимальная температура для получения быстрых и дружных всходов рукколы — 17...23°C.

Культура любит нейтральные почвы, легкие и хорошо удобренные. Не подходят слишком глинистые и за-

Таблица 1.
Сроки посева и высадки сортов рукколы для зеленой массы и семенной продуктивности, Дербентский район

Год	Дата		Высадка
	посева	всходов	
2021	I декада сентября	II декада сентября	высадка рассады
	II декада ноября	III декада ноября	посев семенами
2022	II декада сентября	I декада октября	высадка рассадой
	I декада октября	II декада ноября	посев семенами
2023	I декада сентября	II декада сентября	высадка рассады
	II декада ноября	III декада ноября	посев семенами
2024	III декада марта	I декада апреля	посев семенами
	II декада мая	III декада мая	посев семенами

кисленные земли, а также с залеганием подпочвенных вод. Чрезмерное увлажнение корней замедляет рост и развитие, возникают вирусные и грибковые заболевания, что приводит к гибели растений. Для получения товарной продукции необходим своевременный полив в вечернее или утреннее время.

Биометрические исследования растений проводили начиная от всходов через каждые 10 дн., брали по 10 растений одного образца с каждой делянки. Учет урожая вели по мере созревания листовой массы (10 и 100%). При уборке учитывали массу и количество листьев с 1 м².

Увеличение объема производства овощной продукции можно достигнуть путем усовершенствования элементов технологии возделывания, где важное значение имеет система применения минеральных удобрений.

В период вегетации были две подкормки аммиачной селитрой — 150 кг/га и нитроаммофосом — 200 кг/га. Под образцы рукколы минеральное удобрение вносили дробно: первое в рассаднике, второе — после высадки на постоянное место. В посевах без пересадки вносили аммиачную селитру два раза по 150 кг/га.

Климатические условия выращивания рукколы в 2022–2024 годах были удовлетворительными (табл. 2).

В севообороте лучшие предшественники рукколы — бобовые, тыквенные, томаты и зонтичные (морковь, сельдерей, петрушка). После рукколы нельзя высаживать и высевать крестоцветные в течение трех-четырех лет из-за возможных общих вредителей.

У каждого сорта определяли морфологическую однородность, скороспелость, вегетационный период, урожайность, товарный вид листьев.

Работу выполняли в соответствии с общепринятыми методиками. Экспериментальные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа. [3]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Руккола — холодостойкая, скороспелая пряно-овощная культура. Уход заключается в рыхлении междурядий и поливе. Ростки рукколы в начальной фазе развития повреждаются вредителями, которые деформируют ростки и листья, товарный вид зелени портится. Рапсовая блошка наносит вред даже зимой, если погода сухая и теплая (отмечено 17.01. и 22.02. 2024 года). Необходимо ежедневно опрыскивать рукколу от этого вредителя и пропалывать другие крестоцветные зимующие сорные растения.

Таблица 2.

Среднемесячная температура воздуха, г. Дербент

Год	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Среднее многолетнее	1,9	1,9	4,4	10,2	16,3	21,5	24,6	24,0	19,9	13,9	9,0	4,7
2021	4,1	3,4	5,8	14,9	21,6	27,3	27,2	28,5	20,8	13,9	10,0	7,4
2022	4,9	6,2	4,9	12,8	16,9	24,2	26,2	26,3	22,3	17,0	11,4	5,5
2023	4,4	3,4	5,8	12,9	17,9	24,6	27,4	28,5	20,8	13,9	10,0	7,4
2024	4,9	6,2	4,9	12,8	16,9	24,2	–	–	–	–	–	–

В таблице 3 дана агробиологическая характеристика образцов рукколы от высадки до начала формирования семян.

Скороспелость сорта зависит от генотипа, а также условий выращивания, среди которых важную роль играет температурный фактор. Первый из пяти укос (сбор) листьев проводили 15...20 февраля (табл. 3, 4).

Генеративные побеги у рукколы появляются при формировании достаточно крупной розетки, количество листьев которой продолжает расти. Чем дольше сохраняются на розетке листья, тем у растения больше дополнительных побегов.

Урожайность и товарные качества рукколы тесно связаны с условиями среды. Изменения влияют на режим питания, обмен веществ, процессы роста и развития растений.

При хорошем увлажнении почвы, повышенной влажности воздуха и соответствующей температуре развиваются яркие темно-зеленые листья разных оттенков. Продуктивность зеленой массы образцов рукколы – 2,50...3,09 кг/м² при 2,42 у стандарта (табл. 4).

Убирают листья до начала формирования цветоноса, период от всходов до уборки – 23...30 сут. Урожайность зеленой массы рукколы первого укоса – 0,32...0,54 кг/м² (стандарт – 0,39).

Образцы рукколы различаются по ширине, длине и форме листовой пластинки. Для получения се-

мян готовую рассаду высаживали во II декаде ноября, в 2023 году – 12 декабря (42 раст., схема – 70×25 см, площадь питания – 0,18 м², делянки – 7,35 м²). Семенная продуктивность образцов рукколы – 340...730 г (табл. 5). Масса 1000 семян образцов – 2,06...2,78 шт./г (стандарт – 2,00), урожай на 3...39% превышает величину аналогичного показателя у индау посевного широколистного.

Созревание семян происходило с 10 по 18 июня, укос длился один день (табл. 5).

В течение трех лет оценивали изучаемые сорта рукколы по скороспелости, зеленой массе, количеству листьев, высоте семенников, форме кустистости, семенной продуктивности, качеству и форме стручков (рис. 2, 2-я стр. обл.).

Важно выбрать наиболее благоприятные сроки посева и высадки рассады рукколы различных групп спелости на постоянный участок для получения семян. Оптимальный вариант для семеноводства – рассадный. Стебель растения крепкий – 127...146 см (стандарт – 17), побеги толще и длиннее – 5...7 шт. (стандарт – 6) (табл. 6).

У образцов, посеянных семенами, семенники низкие – 81...96 см (стандарт – 78), побеги мелкие и тонкие – 3...4 шт./раст. (стандарт – 4).

В Дербентском районе главный вредитель растений рукколы – рапсовая блошка. На розетке появляется

Таблица 3.

Агробиологическая характеристика образцов рукколы, 2022–2024 годы

Образец	Происхождение	Дата					
		посадка	начало		цветение		начало формирования семян
			вегетации	укоса зеленой массы	единичное	массовое	
Руккола культурная	Канада	10.11	13.01.	15.02.	28.03.	10.04.	21.04.
Руккола дикая <i>Вики</i>	США	10.11.	13.01.	20.02.	10.04.	23.04.	01.05.
Индау <i>Проито</i>	Агрофирма	10.11.	13.01.	17.02.	01.04.	25.04.	15.04.
Двурядник <i>Оливетт</i>	Аэлита	10.11.	13.01.	15.02.	11.04.	25.04.	24.04.
Индау посевной широколистный – стандарт		10.11.	13.01.	18.02.	01.04.	23.04.	18.04.

Таблица 4.

Продуктивность зеленой массы образцов рукколы, 2022–2024 годы

Образец	Зеленая масса по укосам, кг/м ²					Общая масса, кг	% к St	Длина зеленого листа, см
	1	2	3	4	5			
Индау <i>Проито</i>	0,54	0,61	0,67	0,59	0,68	3,09	128	18
Двурядник <i>Оливетт</i>	0,43	0,57	0,59	0,67	0,73	2,99	124	20
Руккола дикая <i>Вики</i>	0,32	0,36	0,68	0,66	0,59	2,61	108	16
Руккола культурная	0,34	0,46	0,57	0,59	0,54	2,50	103	21
Индау посевной широколистный – стандарт	0,39	0,47	0,65	0,59	0,32	2,42	100	19

Таблица 5.

Семенная продуктивность образцов рукколы, 2022–2024 годы

Образец	Дата		Количество семян, г	% к St	Масса семян, 1000 шт./г	% к St
	созревания	укося				
Индау <i>Проито</i>	15.06.	25.06.	730	174	2,78	139
Руккола культурная	10.06.	25.06.	470	112	2,23	112
Двурядник <i>Оливетт</i>	12.06.	25.06.	410	98	2,17	109
Руккола дикая <i>Вики</i>	17.06.	25.06.	340	81	2,06	103
Индау посевной широколистный – стандарт	18.06.	25.06.	420	100	2,00	100

Таблица 6.

Характеристика семенника в зависимости от метода посева

Образец	Кустистость семенника		Средняя высота семенника, см		% к St	
	рассадный	семенами	рассадный	семенами	рассадный	семенами
Индау <i>Проито</i>	7*	3**	146	95	125	122
Руккола культурная	5	3	127	96	109	123
Двурядник <i>Оливетт</i>	6	4	128	81	109	104
Руккола дикая <i>Вики</i>	6	3	130	83	111	106
Индау посевной широколистный – стандарт	6	4	117	78	100	100

Примечание. *Крупные побеги, ** мелкие (до 15 см).

множество сквозных дырочек, листья теряют товарный вид. В период исследования признаки болезни не отмечены. [1]

Для получения зеленой массы в открытом грунте Дербентского района оптимальные сроки посева рукколы – с сентября по I декаду декабря, II декада февраля по май включительно. В теплице посев производят круглый год.

Выводы. В результате полевого изучения образцов рукколы в условиях Южного Дагестана выделены образцы: по зеленой массе с 1 м² – индау посевной широколистный (3,09 кг); индау *Проито* (2,99) и двурядник *Оливетт* (2,61); количеству семян с делянки – индау *Проито* (730 г), руккола культурная (470), индау посевной широколистный (420) и двурядник *Оливетт* (410); массе 1000 семян – индау *Проито* (2,78 шт./г); руккола культурная (2,23) и двурядник *Оливетт* (2,17) с максимальным количеством селекционно ценных признаков. Образцы рукколы могут быть рекомендованы для включения в селекционные программы по созданию новых более совершенных сортов в условиях Дербентского района и за пределами Республики Дагестан.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алексеева К.Л., Иванова М.И. Болезни зеленных овощных культур. М.: 2015. С. 121–129.
- Гиренко М.М., Зверева О.А. Зеленные овощи: пособие для садоводов-любителей. М.: Ниола-Пресс; изд. дом Юнион-паблик, 2007. С. 118–129.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 416 с.
- Лудилев В.А., Иванова М.И. Редкие и малораспространенные овощные культуры (биология, выращивание, семеноводство). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 196 с.
- Папонов А.Н. Руккола – деликатесное салатное растение // Картофель и овощи. 2004. № 2. С. 15.

- Пивоваров В.Ф. Овощи России. Эрука посевная или индау. М.: 2006. С. 155–157.
- Рабинович А.М., Борисов В.А. Целебные овощные и пряноароматические растения России. М.: Арнебия, 2008. 512 с.
- Matthew H., Jenny J., Gordon R. The germination of perennial wall rocket (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) and Annual garden rocket (*Eruca sativa* Mill.) under controlled temperatures. J. Plant Breeding and Seed Science, Versita, Warsaw, 2012. P. 15–28.
- Parsons J.M. Australian weed control handbook. Inkata Press, Melbourne, 1995. P. 338–341.
- Pignone D. Present status of rocket genetic resources and conservation activities. In: Padulosi S. and Pignone D. (eds.), Rocket: a Mediterranean crop for the world. Report of workshop, 13–14 December 1996, Legnaro (Padova) Italy. IPGRI Institute. Rome, Italy, 1997. P. 2–12.

REFERENCES

- Alekseeva K.L., Ivanova M.I. Bolezni zelenykh ovoshchnykh kul'tur. M.: 2015. S. 121–129.
- Girenko M.M., Zvereva O.A. Zelennye ovoshchi: posobie dlya sadovodov-lyubitelej. M.: Niola-Press; izd. dom Yunion-pablik, 2007. S. 118–129.
- Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Agropromizdat, 1985. 416 s.
- Ludilov V.A., Ivanova M.I. Redkie i malorasprostranennye ovoshchnye kul'tury (biologiya, vyrashchivanie, semenovodstvo). M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2009. 196 s.
- Papov A.N. Rukkola – delikatesnoe salatnoe rastenie // Kartofel' i ovoshchi. 2004. № 2. S. 15.
- Pivovarov V.F. Ovoshchi Rossii. Eruka posevnaya ili indau. M.: 2006. S. 155–157.
- Rabinovich A.M., Borisov V.A. Celebnye ovoshchnye i pryanoaromaticheskie rasteniya Rossii. M.: Arnebiya, 2008. 512 s.
- Matthew H., Jenny J., Gordon R. The germination of perennial wall rocket (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) and Annual

- garden rocket (*Eruca sativa* Mill.) under controlled temperatures. J. Plant Breeding and Seed Science, Versita, Warsaw, 2012. P. 15–28.
9. Parsons J.M. Australian weed control handbook. Inkata Press, Melbourne, 1995. P. 338–341.
10. Pignone D. Present status of rocket genetic resources and conservation activities. In: Padulosi S. and Pignone D. (eds.), Rocket: a Mediterranean crop for the world. Report of workshop, 13–14 December 1996, Legnaro (Padova) Italy. IPGRI Institute. Rome, Italy, 1997. P. 2–12.

Поступила в редакцию 25.07.2024

Принята к публикации 08.08.2024

УДК 634.13:634.1-15

DOI: 10.31857/S2500208224060111, EDN: WUDUJE

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ СОРТОВ ЯБЛОНИ И СЕЯНЦЕВ АЙВЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Анна Мироновна Галашева, кандидат сельскохозяйственных наук

Игорь Валерьевич Семин, кандидат сельскохозяйственных наук

Зоя Евгеньевна Ожерельева, кандидат сельскохозяйственных наук

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

E-mail: anna-galasheva@mail.ru

Аннотация. Яблоня — ведущая плодовая культура в европейской части России. Айва — ценный слаборослый подвой для груши. Наиболее благоприятные для их выращивания регионы — Центральный и Центральнo-Черноземный (Воронежская, Тульская, Липецкая, Курская, Белгородская, Орловская, Рязанская и Тамбовская области). Существует большое разнообразие сортов и подвоев различной селекции для яблони и груши, но выбрать более адаптивные для каждой эколого-географической зоны в интенсивном садоводстве считается актуальным. Все исследования выполняли на базе ВНИИСПК в 2018–2023 годах. Объект изучения — сорта яблони селекции ВНИИСПК и иностранного происхождения, привитые на подвое 54-118, сеянцы айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК, отобранные по комплексу ценных хозяйственно полезных признаков. В Центральном регионе России (Орловская область) зимой случаются сильные морозы. За последние пять лет минимальная температура воздуха была в феврале 2021 года — минус 30°C. В полевых условиях изучаемые сорта яблони на клоновом подвое 54-118 показали хорошую зимостойкость. В результате промораживания однолетних ветвей в лабораторных условиях отметили, что польский сорт *Ligol* и орловские Вятки, Орловский партизан, Орловское полевье, Память Семякину по I, II, III компонентам зимостойкости имели повреждения древесины и почек. Выявили наиболее адаптивный сорт Рождественское селекции ВНИИСПК. Выделены сеянцы айвы обыкновенной с высокой зимостойкостью надземной и корневой системы, приспособленные для климатических условий средней полосы России и обладающие сдержанным ростом. Исследования показали, что, находясь в глубоком покое, сеянцы могут выдерживать морозы до минус 36°C и переносить понижение температуры в зоне корнеобитаемого слоя до минус 10°C без существенных повреждений.

Ключевые слова: Центральный регион России, яблоня, айва, сорта, адаптивность, сеянцы, зимостойкость, морозостойкость

ADAPTIVE POTENTIAL OF SEED CROPS ON THE EXAMPLE OF APPLE TREE VARIETIES AND QUINCE SEEDLINGS

A.M. Galasheva, *PhD in Agricultural Sciences*

I.V. Semin, *PhD in Agricultural Sciences*

Z.E. Ozhereleva, *PhD in Agricultural Sciences*

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

E-mail: anna-galasheva@mail.ru

Abstract. Apple is the main fruit crop in the European part of Russia. Quince is a promising crop as a valuable low-growing rootstock for pears. The most favorable conditions for growing pome crops (apple and common quince) are in the Central and Central Black Earth regions (Voronezh, Tula, Lipetsk, Kursk, Belgorod, Oryol, Ryazan and Tambov regions). Currently, there is a wide variety of varieties and rootstocks (of various selections) for apple and pear trees, but choosing more adaptive ones for each ecological-geographical zone in intensive gardening is considered relevant. The studies were carried out on the basis of VNIISPК in 2018–2023. Apple cultivars of VNIISPК breeding and foreign cultivars grafted on rootstock 54-118 as well as common quince of VNIISPК breeding selected according to a complex of valuable economically useful characteristics were used as objects of study. The research of the presented work was carried out on the basis of the methodological recommendations “Programs and methods for the variety study of fruit, berry and nut crops” and “Methods for the accelerated assessment of winter hardiness of fruit and berry plants”. Severe frosts occur in the Central region of Russia (Orel region) in winter (January-February). Over the past five years, the lowest air temperature was recorded in the winter of 2020/2021, when in February it dropped to minus 30°C. In the field, the studied apple cultivars on the clone rootstock 54-118 showed sufficient winter hardiness. As a result of freezing of annual branches in laboratory conditions, it was revealed that *Ligol* (the Polish cultivar) and the VNIISPК cultivars Orlovsky Partizan, Vyatich, Orlovskoe Polesie and Pamyat Semakinu had bud and wood damage according to all I, II, III components of winter hardiness. The most winter-hardy cultivar

Rozhdestvenskoe of VNIISPК breeding stood out. In VNIISPК, seedlings of common quince with high winter hardiness of the aboveground and root systems adapted to the climatic conditions of the central part of Russia and possessing restrained growth have been identified. Studies have shown that these quince seedlings being in deep dormancy can withstand frosts up to -36°C and are able to tolerate a decrease in temperature in the zone of the root layer up to -10°C without significant damage.

Keywords: Central region of Russia, Apple, Quince, cultivars, seedlings, adaptability, winter hardiness, frost resistance

Одна из главных задач современного адаптивного садоводства — эффективное использование биологического потенциала плодовых растений. Среди них наибольшим географическим распространением, приспособляемостью и изменчивостью отличаются семечковые культуры. [4] В зимний период года низкотемпературный стресс значительно влияет на все плодовые растения на большей части Российской Федерации, снижает долговечность и продуктивность садов. [10, 11]

На устойчивость растений к морозам влияют разные факторы: длительный бесснежный период с низкими температурами в начале зимы, морозы в ее середине, возвратные весенние заморозки, иссушающее весеннее солнце, холодное и дождливое лето, ранние осенние заморозки, неустойчивая зима с резкими похолоданиями и оттепелями. [3, 5, 9, 13]

Современное производство требует использование сортов и подвоев с высокой адаптивностью к условиям произрастания, технологичностью и качеством посадочного материала. Выращивание насаждений с ранним вступлением в пору плодоношения, обладающих компактной кроной в комбинации с подвоями, способными сдерживать рост деревьев и увеличивать их производительность, может значительно повысить экономическую эффективность производства плодов. [17]

Яблоня — ведущая плодовая культура в мире (США, Китай, Япония, Германия, Франция, Великобритания, Индия и другие страны), возделывается на общей площади более 5 млн га. Мировое производство ее плодов составляет, в зависимости от года, 21...25 млн т. В России ежегодный сбор яблок — 6...8 млн т. Основные производственные насаждения (около 3 млн га) яблони в Российской Федерации сосредоточены на юге (Ставропольский и Краснодарский края, Ростовская область, Кабардино-Балкария и Северная Осетия — Алания), а также на территории Центрального Черноземья и в Среднем Поволжье. [16] Лидеры по наибольшему количеству площадей, занятых яблоневыми садами, — Центральный и Южный федеральные округа. Из 17 областей Центрального федерального округа основное производство (69%) сосредоточено в семи областях, из них 49,3% в Воронежской, Липецкой, Московской и Тульской. Наиболее благоприятные условия для выращивания семечковых культур в Воронежской, Тульской, Липецкой, Курской, Белгородской, Орловской, Рязанской, Тамбовской областях. [7]

Для интенсивного садоводства требуется тщательное изучение «Биоресурсной коллекции» для выделения новых адаптивных, высокопродуктивных сортов яблони. [6, 19, 20] Существует много сортов яблони как российской, так и зарубежной селекции, но подбор высокопродуктивных и создание эффективных привойно-подвойных комбинаций, адаптивных для интенсивного садоводства России, — актуальный вопрос в динамично меняющихся условиях современного производства.

В последние десятилетия айву обыкновенную выращивают в промышленных масштабах. [8] Она имеет большое значение для перерабатывающей промышленности и перспективна для создания карликовых высокопродуктивных садов груши. В странах с теплым климатом грушевые сады выращивают преимущественно на айвовом подвое. Айву используют в интенсивном садоводстве южных регионов России, Закавказья и Средней Азии. Ценность этой культуры заключается в способности сдерживать рост и ускорять вступление в пору плодоношения привитых на нее сортов груши. [18] Айва обыкновенная — теплолюбивое растение, недостаточная зимостойкость — основной лимитирующий фактор ее распространения. [12] В России работу по освоению, адаптации и совершенствованию айвы практически не проводят. Основные регионы возделывания и применения айвы обыкновенной — это территории, где температуры длительно не опускаются ниже минус 30°C . В более суровых условиях применять промышленно значимые в мировом плодоводстве сорта и подвой айвы обыкновенной нецелесообразно из-за слабой зимостойкости. Сеянцы, полученные учеными ВНИИСПК, оценивают на адаптивность для зоны средней полосы России. [1, 2, 15, 21] Отборные сеянцы первого поколения могут полноценно расти, плодоносить и применяться в качестве подвоев груши. Они редко подмерзают и обладают высокой восстановительной способностью. Однако актуальным остается вопрос совершенствования посадочного материала плодовых культур с помощью повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам условий их выращивания. Необходим поиск и выделение еще более зимостойких форм для использования их в качестве интенсивных подвоев груши, а также селекции айвы обыкновенной. Изучение устойчивости к неблагоприятным факторам зимнего периода сеянцев второго и третьего поколений айвы обыкновенной от отборных зимостойких форм селекции ВНИИСПК важно для повышения зимостойкости этой культуры в условиях Центральной России. Это позволит оценить реакцию растений на различные неблагоприятные факторы зимнего периода, а также их способность восстанавливаться.

Цель работы — оценка зимостойкости и морозостойкости айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК как перспективной плодовой культуры и карликового скороплодного подвоя груши для Центрального региона России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполняли во ВНИИСПК (2018—2023 годы). Объект изучения — орловские сорта яблони зимнего срока созревания (*Рождественское*, *Память Семакину*, *Министр Киселев*, *Орловское полесье*, *Орловский партизан*, *Вяткич*, *Здоровье*), польской селекции (*Ligol*), американской (*Honey crisp*) на среднерослом подвое 54-118 и сеянцы айвы обыкновенной селекции

ВНИИСПК, отобранные по зимостойкости среди потомства дикорастущих растений. Сад яблони zaloжили осенью 2016 года (схема посадки — $5 \times 2,5$ м).

Оценку морозостойкости плодовых культур проводили совместно с исследователями лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ВНИИСПК методом искусственного промораживания в контролируемых условиях. Учеты и наблюдения сделаны в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения, плодовых, ягодных и орехоплодных культур», «Методикой ускоренной оценки зимостойкости плодовых и ягодных растений». [14] Морозостойкость однолетнего прироста яблони и айвы обыкновенной устанавливали по степени подмерзания древесины по пятибалльной шкале. Искусственное промораживание выполняли в климатической камере «ESPEC» PSL — 2KPH с диапазоном температур минус 70...150°C и регулируемой влажностью. В ней программа учитывает четыре компонента зимостойкости: устойчивость к ранним морозам после естественной закали, когда растения находятся в состоянии органического покоя (минус 30°C); максимальная морозостойкость в период окончания органического покоя (минус 40°C); сохранение морозостойкости во время оттепелей, состояние вынужденного покоя (минус 25°C); способность восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей в состоянии вынужденного покоя (минус 35°C).

Корни сеянцев айвы обыкновенной промораживали в лабораторных условиях при температуре минус 9...минус 12°C — 24 ч. Скорость снижения температуры — 1°C/ч. Чтобы сравнить потенциал морозостойкости корней семенных подвоев использовали сеянцы груши (контроль-1), для оценки воздействия на корни сеянцев низкими температурами взяли вариант без промораживания (контроль-2). Повреждения растений оценивали визуально по изменению цвета тканей скелетного корня, степени, активности и качеству отращивания сеянцев в комнатных условиях после промораживания. Наблюдения за прохождением основных этапов физиологического развития сеянцев при отра-

щивании проводили по методике Шитта. Состояние покоя вегетативных почек оценивали в баллах: вегетативные почки в покое — 0, раздвижение почечных чешуй — 1, образование зеленого конуса — 2, выдвижение листочков — 3, расхождение листочков — 4, разворачивание листочков — 5, поступательный рост: начало — 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зимостойкость — один из важнейших показателей адаптивности плодовых растений, который определяет ареал распространения и промышленного возделывания культуры. В Центральном регионе России (Орловская область) в январе, феврале и марте случаются повреждения растений низкими температурами. За 2002–2023 годы в Орловской области отметили наиболее суровые зимы: 2005–2006 — температура воздуха опускалась до минус 39,3°C, на поверхности снега до минус 36,5°C; 2012–2013 — минус 40,0°C, минус 34°C; 2020–2021 — минус 30°C (рис. 1).

Наши исследования показали, что сорта яблони, высаженные в 2016 году после морозов зимы 2020–2021 года в полевых условиях, практически не имели повреждений низкими температурами (табл. 1). Отмечено незначительное подмерзание древесины у сортов яблони *Рождественское* — 0,3 балла, *Орловское поле* — 0,3, *Орловский партизан* — 0,2 балла. Общая степень подмерзания деревьев на клоновом среднерослом подвое 54-118 была существенно выше контрольного сорта *Антоновка обыкновенная* — 0 балла, у сортов *Вятки* — 0,7, *Honey crisp* — 0,6, *Ligol* — 0,5, *Рождественское* — 0,5, *Память Семакину* — 0,5 балла (табл. 1).

Изучаемые орловские и зарубежные сорта яблони на клоновом подвое 54-118 после искусственного промораживания в морозильной камере обладали способностью быстро закаливаться осенью (I компонент) и выдерживали морозы в начале зимы. Максимальное повреждение почек отмечено у *Ligol* — 1,8 балла и *Орловский партизан* — 1,0 балла (табл. 2). Незначительное подмерзание коры было у сорта *Орловский партизан* —

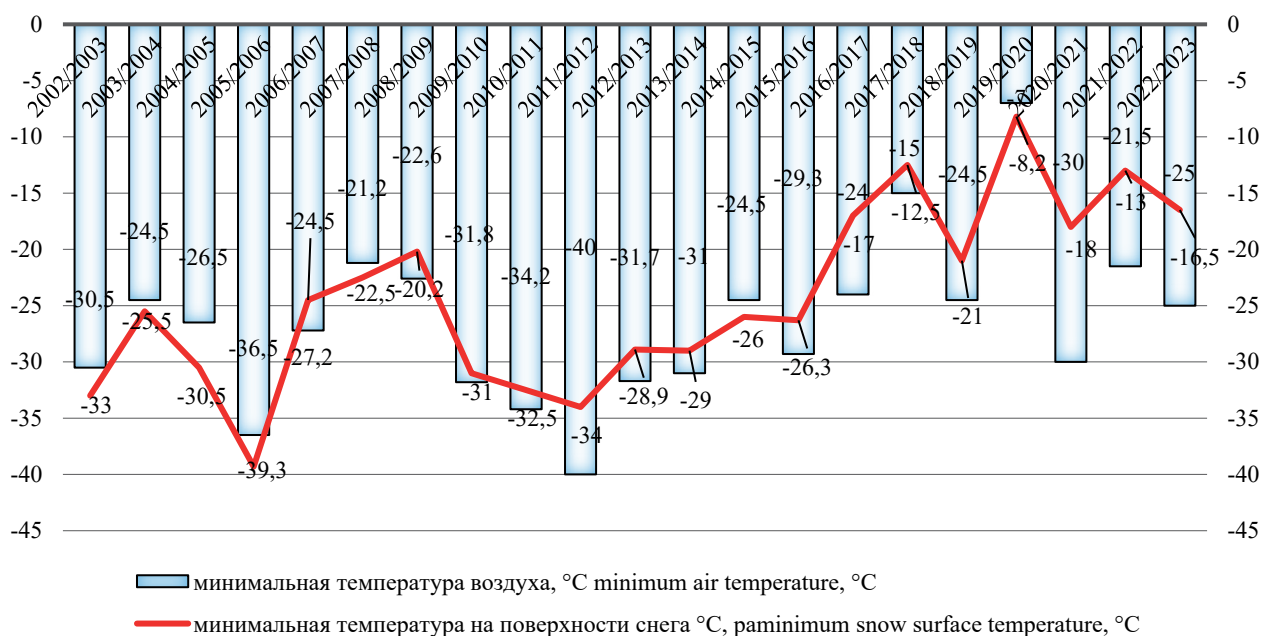


Рис. 1. Показатели минимальных температур воздуха и на поверхности снега, 2002–2023 годы.

Таблица 1.
Степень подмерзания деревьев сортов яблони
в полевых условиях, 2020–2021 год

Сорт	Степень подмерзания, балл			
	кора	древесина	ветви	общая
Антоновка обыкновенная – контроль	0	0	0	0
Ligol	0	0,5	0	0,5
Рождественское	0	0,3	0	0,3
Память Семакину	0	0,5	0	0,5
Министр Киселев	0	0,2	0	0,2
Орловское полесье	0	0,3	0	0,3
Вяттич	0	0,7	0	0,7
Honey crisp	0	0,6	0	0,6
Орловский партизан	0	0,2	0	0,2
Здоровье	0	0,4	0	0,4
НСР ₀₅		0,3		0,3
НСР ₀₁		0,4		0,4
НСР ₀₀₁		0,6		0,6

0,7 балла. Древесина повредилась у *Ligol* – 1,8 балла, *Орловский партизан* – 0,9, *Здоровье* – 0,9, *Орловское полесье* – 0,8 балла. У сорта *Рождественское* повреждений почек и жизненно важных тканей (кора, камбий, древесина) не выявлено, на одном уровне с контрольным сортом.

После искусственного промораживания в морозильной камере при температуре минус 40°C выделили более существенное повреждение почек у сортов *Орловский партизан* – 2,4 балла, *Здоровье* – 2,2, *Ligol* – 2,2, *Honey crisp* – 2,1, чем у контрольного – 1,2 балла (табл. 2).

Слабое повреждение почек было у сортов *Рождественское* и *Память Семакину* – 1,3 и 1,6 балла соответственно. Выявили значительные повреждения коры у сортов *Орловский партизан* – 1,8 балла, *Ligol* – 1,7, *Здоровье* – 1,4, *Honey crisp* – 1,3 балла, у остальных – до 1,0 (*Орловское полесье* – 0,5, *Рождественское* – 0,5,

Министр Киселев – 0,2 балла). У сортов *Рождественское* и *Память Семакину* повреждения камбия не выявили.

Понижение температуры до минус 40°C существенно повредило древесину у сортов от 1,5 (*Рождественское*), 2,5 (*Орловский партизан*, *Здоровье*, *Ligol*) до 2,7 балла (*Honey crisp*).

На подмерзание и полную гибель всего дерева яблони может влиять температура минус 25°C после продолжительных оттепелей (III компонент). Значительное повреждение почек было у сортов *Вяттич* – 1,8 балла, *Ligol* – 2,0, *Орловское полесье* – 2,3, слабое коры у *Вяттич* – 0,8, *Орловское полесье* – 0,6, *Ligol* – 0,2, *Honey crisp* – 0,2 балла.

Отмечены обратимые повреждения древесины – 1,0 (*Здоровье*)...1,2 балла (*Ligol*), незначительные – 0,8 (*Honey crisp*), 0,4 (*Орловское полесье*), 0,2 балла (*Память Семакину*) (табл. 2).

Таким образом, изучаемые сорта яблони на клоновом подвое 54-118 показали достаточную зимостойкость в полевых условиях. В результате промораживания однолетних ветвей в лабораторных условиях выявили, что польский сорт *Ligol* и сорта селекции ВНИИСПК (*Орловский партизан*, *Вяттич*, *Орловское полесье*, *Память Семакину*) по I, II, III компонентам имели повреждения почек и древесины. Выделился наиболее зимостойкий сорт селекции ВНИИСПК *Рождественское*.

По своим биологическим особенностям айва обыкновенная относится к теплолюбивым растениям. Но в результате селекционной работы ученых ВНИИСПК были получены сеянцы с высокой зимостойкостью и способные переносить климат средней полосы России без серьезных повреждений. Наблюдение за развитием их потомства также показало высокую приспособленность к условиям произрастания. За 20 лет исследований и наблюдений не установлено существенных повреждений растений айвы обыкновенной неблагоприятными факторами зимнего периода (табл. 3). В естественных условиях морозы до минус 30...35°C не наносили особого ущерба растениям. В зимы с понижением температуры до минус 39°C повреждения не превышали 2...3 баллов, у некоторых сеянцев – 3,6 балла. Все растения имели высокую восстановительную

Таблица 2.
Степень повреждения тканей однолетних ветвей яблони, 2020–2021 год

Сорт	I (минус 25°C)				II (минус 40°C)				III (минус 25°C)			
	почки	кора	камбий	древесина	почки	кора	камбий	древесина	почки	кора	камбий	древесина
Антоновка обыкновенная – контроль	0	0	0	0	1,2	0,6	0,4	1,0	0	0	0	0
Вяттич	0,4	0	0	0,2	2,0	0,9	0,2	1,9	1,8	0,8	0	0
Орловское полесье	0,5	0	0	0,8	2,0	0,5	0,2	2,2	2,3	0,6	0	0,4
Орловский партизан	1,0	0,7	0,3	0,9	2,4	1,8	1,3	2,5	0,8	0	0	0
Здоровье	0,2	0	0	0,9	2,2	1,4	1,2	2,5	0,6	0	0	1,0
Министр Киселев	0,3	0	0	0,3	1,9	0,2	0	1,6	0,7	0	0	0
Ligol	1,8	0,2	0,1	1,8	2,2	1,7	0,8	2,5	2,0	0,2	0	1,2
Рождественское	0	0	0	0	1,3	0,5	0	1,5	1,1	0	0	0
Память Семакину	0,5	0	0	0,4	1,6	0,7	0	2,3	0,6	0	0	0,2
Honey crisp	0,4	0	0	0,5	2,1	1,3	0,8	2,7	1,2	0,2	0	0,8
НСР ₀₅	0,6	0,3		0,5	0,7	0,9	1,0	0,4	0,7	0,5		0,8
НСР ₀₁	0,8	0,4	Fф1,8 <Fт2,2	0,7	1,0	1,2	1,3	0,6	1,0	0,7		1,0
НСР ₀₀₁	1,1	0,5		1,0	1,3	1,7	1,8	0,8	1,3	0,9		1,4

способность и хорошо отрастали весной, цветение и плодоношение было полноценным. Большинство семян первого поколения айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК имели продолжительную вегетацию и подмерзание верхушек однолетнего прироста, которые не успели полностью сформироваться. Во втором поколении таких семян не обнаружили. У большинства семян второго поколения и у всех третьего формируется верхушечная почка и растения практически не подмерзают.

Наибольшие повреждения морозом растения айвы получили зимой 2005–2006 года. Из 60 семян первого поколения вымерзли до уровня снегового покрова 12 шт., у 16 общая степень подмерзания составила 4,5 балла, 28 – 4 и 3 – 3,0...3,5 балла. Большая часть однолетнего прироста вымерзла полностью. Отмечалось сильное повреждение древесины многолетних ветвей. [2] За 20 лет наблюдений это был единственный случай значительного повреждения айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК неблагоприятными факторами зимнего периода. Сеянцы второго поколения не подмерзали.

Полевыми наблюдениями установлено, что айва обыкновенная селекции ВНИИСПК способна переносить климат Центрального региона России и имеет высокую восстановительную способность. В начале зимы растения быстро проходят закалку, что дает возможность выдерживать понижение температуры до минус 30°C в I декаде декабря (I компонент) со слабым повреждением вегетативных почек в верхней части однолетнего прироста (табл. 4). Все повреждения были незначительными и не превышали 1,1 балла. При проращивании побегов в сосудах с водой почки хорошо распускались и отрастали. Промораживание побегов при минус 40°C в середине зимы, когда растения находились в состоянии закаливания, приводило к повреждениям тканей и почек от 3,6 до 4,1 балла. Точка роста вегетативных почек не поражена, но распускание и отрастание их было растянуто. Оценка способности айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК быть устойчивой к низким температурам в период оттепели (III компонент) промораживанием при минус 25°C показала, что она может противостоять неблагоприятным условиям этого периода с небольшим повреждением (2,2...2,8 балла) в основном поверхностных тканей вегетативных почек. Но хорошее распускание говорит о высокой восстановительной способности, хотя отрастание их несколько замедлилось. Оценка способности айвы обыкновенной повторно закаливаться после оттепели (IV компонент) показала наибольшее повреждение растений при резком перепаде темпера-

тур в конце зимнего периода, когда айва при выходе из состояния покоя наиболее уязвима (значительная часть почек погибает). Отдельные почки могут распускаться, но отрастание их сильно затруднено. Однако значительное снижение температуры в конце зимы в умеренных широтах случается редко.

Установлено, что айва обыкновенная селекции ВНИИСПК выдерживает понижение температуры до минус 30°C в период закаливания (начало зимы) и минус 25°C во время оттепелей с минимальными повреждениями. Понижение температуры до минус 40°C в середине зимы и минус 35°C в конце приводит к подмерзанию закаленных оттепелями растений в пределах 3,9...4,3 балла. Но все растения показали высокую восстановительную способность и хорошо вегетировали.

Анализ данных метеопоста ВНИИСПК за последние 35 лет свидетельствует, что температура почвы на глубине 20 см не опускалась ниже минус 4°C. Зимой 2002–2003 года была зафиксирована минимальная температура на глубине 40 см – минус 2,2°C. [2] Учитывая ежегодное наличие снежного покрова в период зимних морозов за 20 лет наблюдений, ни у одного сеянца в трех поколениях айвы повреждений корней обнаружено не было. Весной корни всех семян хорошо и активно развивались. Искусственное промораживание корневой системы однолетних семян айвы обыкновенной третьего поколения, по сравнению с сеянцами груши (контроль-1), показало способность айвы обыкновенной переносить понижение в зоне корнеобитаемого слоя температуру до минус 10°C. (табл. 5).

При проращивании семян растений отмечается активная регенерация и рост обрастающих корней. Понижение температуры до минус 11...минус 12°C, по сравнению с контролем-2, показало повреждение тонких корней диаметром до 3 мм и окончаний большинства скелетных корней (рис. 2, 3-я стр. обл.). Повреждения корней более 3 мм и оснований корней в районе корневой шейки отсутствуют. При проращивании таких семян отмечено слабое и среднее корнеобразование, что характеризует низкую восстановительную способность растений. Гибели семян не наблюдали. Снижение температуры в зоне корнеобитаемого слоя до минус 13 °C привело к гибели однолетних семян из-за полного повреждения корней до 5 мм. Все скелетные корни в зоне корневой шейки имели существенные повреждения с отдельными участками живой ткани. При проращивании сеянцы погибали. Но для средней полосы России бесснежные и морозные зимы не характерны. Таким образом, сеянцы айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК могут быть использо-

Таблица 3.
Полевая зимостойкость айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК (второе поколение)

Годы	Степень подмерзания, балл			
	кора	древесина	ветви кроны	общая
2018–2019	1,0	0,0	1,0	1,0
2019–2020	0,0	0,0	0,0	0,0
2020–2021	1,0	0,0	0,0	0,0
2021–2022	0,0	0,0	0,0	0,0
2022–2023	0,0	0,0	0,0	0,0
В среднем за пять лет	0,4	0,0	0,2	0,2

Таблица 4.
Результаты искусственного промораживания однолетних ветвей айвы обыкновенной, балл

Годы	Температура искусственного промораживания			
	I (минус 30°C)	II (минус 40°C)	III (минус 25°C)	IV (минус 35°C)
2018–2019	0,8	3,6	2,7	4,4
2019–2020	1,1	4,0	2,2	4,0
2020–2021	1,1	3,9	2,8	4,5
2021–2022	1,0	4,1	2,5	4,4
Среднее за четыре года	1,0	3,9	2,6	4,3

Таблица 5.

**Повреждение корней семенных подвоев низкими температурами после искусственного промораживания
в контролируемых условиях**

Год	Айва обыкновенная					Груша (контроль-1)				
	контроль-2 (без проморажи- вания)	минус 9°C	минус 10°C	минус 11°C	минус 12°C	контроль-2 (без проморажи- вания)	минус 9°C	минус 10°C	минус 11°C	минус 12°C
С учетом коэффициентов										
2019	0,0	0,6	13,2	14,9	28,8	0,0	0,0	6,9	8,7	20,0
2020	0,0	0,3	3,9	18,7	27,3	0,0	0,0	0,7	11,2	17,4
2021	0,0	0,5	10,1	16,3	31,0	0,0	0,0	0,0	10,3	21,1
За три года	0,0	0,5	9,1	16,6	29,0	0,0	0,0	2,5	10,1	19,5
Без учета										
2019	0,0	1,0	2,1	3,0	3,5	0,0	0,0	1,1	2,3	3,0
2020	0,0	0,0	0,9	1,2	2,3	0,0	0,0	0,0	1,1	2,1
2021	0,0	0,0	1,7	3,1	3,4	0,0	0,0	0,0	0,8	2,3
За три года	0,0	0,3	1,6	2,4	3,1	0,0	0,0	0,4	1,4	2,5

ваны в качестве семенного подвоя груши в условиях Центральной России.

Выводы. Изучаемые сорта яблони на клоновом подвое 54-118 в полевых условиях показали достаточную зимостойкость. В результате промораживания однолетних ветвей в лабораторных условиях выявили, что польский сорт *Ligol* и селекции ВНИИСПК *Орловский партизан*, *Вятч*, *Орловское полевье*, *Память Семакину* по всем трем компонентам имели повреждения почек и древесины. Наиболее зимостойкий сорт *Рождественское*.

Установлено, что сеянцы айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК во втором поколении обладают хорошей зимостойкостью и могут выдерживать климатические условия средней полосы России. Полевые наблюдения за весь период исследований не зафиксировали значительных повреждений растений неблагоприятными факторами зимы. Потенциальная морозостойкость надземной системы уступает груше обыкновенной, в конце зимы при перепадах температур возможны повреждения. При этом айва обыкновенная обладает высокой восстановительной способностью и полноценно растет, цветет и плодоносит в течение вегетации. Корневая система может переносить понижение температуры в корнеобитаемом слое до минус 10...минус 11°C. Но из-за наличия снежного покрова в Центральном регионе России температура почвы на глубине 20 см за последние 40 лет метеонаблюдений не опускалась ниже минус 4°C. Таким образом, айву обыкновенную можно применять в качестве семенного подвоя груши, а также отборные по зимостойкости сеянцы использовать в селекции на комплекс хозяйственно полезных признаков сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Борисова О.Н., Долматов Е.А. Морозостойкость корневой системы перспективных клоновых подвоев для груши // Успехи современной науки. 2017. № 7. С. 11–13.
- Долматов Е.А., Сидоров А.В., Баранов Р.В. Зимостойкость новых форм айвы обыкновенной в связи с использованием ее в качестве семенного подвоя груши // Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России. Орел, 2008. С. 60–64.
- Зыкова Ю.Н., Трефилова Л.В., Ковина А.Л. Индукция холодоустойчивости растений *lavatera trimestris* L. с помощью биопрепаратов // Актуальные направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: сборник научных статей молодых ученых, посвященный 190-летию опытного дела в Сибири, 100-летию сельскохозяйственной науки в Омском Прииртышье и 85-летию образования Сибирского НИИ сельского хозяйства. 2018. С. 210.
- Кашин В.И. Научные основы адаптивного садоводства. М.: Колос, 1995. 334 с.
- Кичина В.В. Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости. М.: Колос, 1999. 126 с.
- Красова Н.Г., Ожерельева З.Е., Голышкина Л.В. и др. Зимостойкость сортов яблони. Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. Орел, 2014. С. 183.
- Куликов И.М., Минаков И.А. Приоритетные направления развития садоводства в условиях импортозамещения: монография. М.: ВСТИСП, 2020. 114 с.
- Можар Н.В. Перспективные сорта айвы для условий юга России // Научные труды СКФНЦСВВ. 2018. № 19. С. 30–33.
<https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-19-30-33>
- Ожерельева З.Е., Галашева А.М., Красова Н.Г. Изучение зимостойкости яблони в контролируемых условиях // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 33–41. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10404>
- Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Морозостойкость яблони на карликовых подвоях // Современное садоводство. 2016. № 2(18). С. 35–41.
- Савельева Н.Н. Биологические и генетические особенности яблони и селекция иммунных к парше и колонновидных сортов. Мичуринск. 2016. 280 с.
- Самусь В.А., Шкробова М.А., Левшунов В.А. Хозяйственно-биологическая характеристика местных и интродуцированных форм айвы (*Cydonia oblonga*) в качестве клоновых подвоев для груши в маточнике. Плодоводство. 2019. № 31(1). С. 55–61.
- Саудабаева А.Ж., Мушинский А.А. Изучение зимостойкости и морозостойкости лучших форм абрикоса в оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 6(98). С. 103–108).
<https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-98-6-103-107>

14. Седов Е.Н., Огольцова Т.П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
15. Сёмин И.В. Технологические аспекты выращивания перспективных семенных подвоев для груши на основе айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 52–56. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/52-56>
16. Танкевич В.В. Влияние подвоев на рост и продуктивность яблони в Крыму. Плодоводство. Самохваловичи: Институт плодоводства. 2013. № 25. С. 353–358.
17. Танкевич В.В., Сотник А.И. Отдельные приемы получения разветвленных саженцев груши. Плодоводство и ягодоводство России. 2021. № 64. С. 77–82.
18. Шкробова М.А. Зимостойкость надземной системы айвы обыкновенной в маточнике в естественных условиях. Современные технологии сельскохозяйственного производства. 2022. С. 195–197.
19. Galasheva A.M., Krasova N.G., Ozherelieva Z.E. A study of introduced apple cultivars according to the main components of winter hardiness by simulating damaging factors under controlled conditions // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. V. 183. № 1. P. 31–37. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-31-37>
20. Krasova N., Ozherelieva Z., Galasheva A. et al. Gene pool assessment in terms of apple tree generative organs resistance of different ploidy to spring frost // In the collection of sci. works: E3S Web of Conferences. Cep. “International Scientific and Practical Conference “From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture”, IDSISA 2020” 2020. P. 03017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017603017>
21. Syomin I.V. Evaluation of common quince of VNIISPК breeding as pear seedling rootstock for fruit production in Central Russia. E3S Web of Conferences, 24–25 февраля, Орел, 2021, 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402017> (дата обращения 10.01.2024).
7. Kulikov I.M., Minakov I.A. Prioritetnye napravleniya razvitiya sadovodstva v usloviyakh importozameshcheniya: monografiya. M.: VSTISP, 2020. 114 s.
8. Mozhar N.V. Perspektivnye sorta ajvy dlya uslovij yuga Rossii // Nauchnye trudy SKFNCSSV. 2018. № 19. S. 30–33. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-19-30-33>
9. Ozherel'eva Z.E., Galasheva A.M., Krasova N.G. Izuchenie zimostojkosti yabloni v kontroliruemykh usloviyakh // Sovremennoe sadovodstvo. 2019. № 4. S. 33–41. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10404>
10. Ozherel'eva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. Morozostojkost' yabloni na karlikovykh podvoyakh // Sovremennoe sadovodstvo. 2016. № 2(18). S. 35–41.
11. Savel'eva N.N. Biologicheskie i geneticheskie osobennosti yabloni i selekciya immunnih k parshe i kolonovidnykh sortov. Michurinsk. 2016. 280 s.
12. Samus' V.A., Shkrobova M.A., Levshunov V.A. Hozyaistvenno-biologicheskaya harakteristika mestnyh i introcirovannykh form ajvy (Cydonia oblonga) v kachestve klonovykh podvoev dlya grushi v matochnike. Plodovodstvo. 2019. № 31(1). S. 55–61.
13. Saudabaeva A.Zh., Mushinskij A.A. Izuchenie zimostojkosti i morozostojkosti luchshih form abrikosa v orenburgskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 6(98). S. 103–108. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-98-6-103-107>
14. Sedov E.N., Ogo'l'cova T.P. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Орел: VNIISPК, 1999. 608 s.
15. Syomin I.V. Tekhnologicheskie aspekty vyrashchivaniya perspektivnykh semennykh podvoev dlya grushi na osnove ajvy obyknovЕННОЙ селекции VNIISPК // Vestnik Rossijskoi sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 5. S. 52–56. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/52-56>
16. Tankevich V.V. Vliyanie podvoev na rost i produktivnost' yabloni v Krymu. Plodovodstvo. Samohvalovichi: Institut plodovodstva. 2013. № 25. S. 353–358.
17. Tankevich V.V., Sotnik A.I. Otdel'nye priemy polucheniya razvetvlennykh sazhencev grushi. Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2021. № 64. S. 77–82.
18. Shkrobova M.A. Zimostojkost' nadzemnoj sistemy ajvy obyknovЕННОЙ v matochnike v estestvennykh usloviyakh. Sovremennye tekhnologii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva. 2022. S. 195–197.
19. Galasheva A.M., Krasova N.G., Ozherelieva Z.E. A study of introduced apple cultivars according to the main components of winter hardiness by simulating damaging factors under controlled conditions // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. V. 183. № 1. P. 31–37. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-31-37>
20. Krasova N., Ozherelieva Z., Galasheva A. et al. Gene pool assessment in terms of apple tree generative organs resistance of different ploidy to spring frost // In the collection of sci. works: E3S Web of Conferences. Cep. “International Scientific and Practical Conference “From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture”, IDSISA 2020” 2020. P. 03017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017603017>
21. Syomin I.V. Evaluation of common quince of VNIISPК breeding as pear seedling rootstock for fruit production in Central Russia. E3S Web of Conferences, 24–25 февраля, Орел, 2021, 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402017> (дата обращения 10.01.2024).

REFERENCES

СОДЕРЖАНИЕ САХАРОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПЛОДАХ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ПЕРСИКА И НЕКТАРИНА В СУБТРОПИКАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ*

Юлия Сулевна Абиляфазова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-7603-3592

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр

«Субтропический научный центр Российской академии наук», г. Сочи, Россия

E-mail: Citrus_Sochi@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные биохимических анализов некоторых сортов персика и нектарина, выращенных во влажных субтропиках России. Исследования проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СХЦ РАН с 2019 года. Цель работы — выявить биохимические особенности сортово-подвойных комбинаций интродуцированных сортов персика и нектарина, устойчивых к неблагоприятным погодным условиям Черноморского побережья, отличающихся стабильной урожайностью и высокими вкусовыми качествами. Объект изучения — сорта персика с клоновым привоем БП разных сроков созревания: Пятница 13 (ранний), Редхавен (контроль), Память Симиренко, Осенний румянец (средний) и нектарина — Обильный, Орион, Silver Roma (поздний). Мякоть плодов богата сахарами, органическими кислотами, макро- и микроэлементами, ферментами, витаминами, среди которых наибольшее внимание ученых привлекает аскорбиновая кислота (антиоксидант). Установлено, что общая сумма сахаров в среднем по опыту составила 8,50–10,90 г/100 г. Среди сахаров в плодах персика (Память Симиренко, Редхавен, Осенний румянец, Пятница 13) преобладала сахароза — 8,10–9,40 г/100 г, минимальное ее количество у нектарина (Обильный, Орион, Silver Roma) — 5,80–6,8 г/100 г. Отмечено невысокое содержание сухих веществ — 11,12–14,25%, аскорбиновой кислоты — 7,22–11,92 мг%. Из органических кислот наибольшее количество винной и яблочной. У сортов Редхавен, Обильный, Орион, Silver Roma максимальное значение витамина С (8,00–11,92 мг%), минимальное (7,22–7,45 мг%) — Осенний румянец, Память Симиренко.

Ключевые слова: влажные субтропики, сорта, персик, нектарин, биохимический анализ, качество продукции, антиоксиданты

CONTENT OF SUGARS AND ORGANIC ACIDS IN FRUITS OF INTRODUCED VARIETIES OF PEACH AND NECTARINE IN THE SUBTROPICS OF KRASNODAR REGION

Yu.S. Abilfazova, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher

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

E-mail: Citrus_Sochi@mail.ru

Abstract. The article presents the data of biochemical analyses of a collection of some peach and nectarine varieties grown in the humid subtropics of Russia. The studies have been carried out in the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences since 2019. The purpose of the work is to identify the biochemical features of introduced peach and nectarine varieties varietal-rootstock combinations that are resistant to adverse weather and climatic conditions of the Black Sea coast, characterized by stable yields of fruits with high taste qualities for a long fresh products line. The object of study is peach varieties with clonal scion BP of different ripening periods: Friday 13 (early), Redhaven (control), Pamyat Simirenko, Osenniy Rumyanets (medium); nectarines — Obilny, Orion, Silver Roma (late). The peaches and nectarines fruit pulp is rich in sugars, organic acids, macro- and microelements, enzymes, vitamins, among which ascorbic acid, as an antioxidant, attracts the greatest attention of scientists. It was found that the total amount of sugars on average in the experiment was 8.50–10.90 g/100 g. Among the sugars in the fruits, sucrose content was predominant — 8.10–9.40 g/100 g in peach (Pamyat Simirenko, Redhaven, Osenniy Rumyanets, Pyatnitsa 13), the minimum — 5.80–6.8 g/100 g, in nectarines (Obilny, Orion, Silver Roma). A low content of dry matter was noted on average 11.12–14.25%, of organic acids, the largest amount of tartaric, malic, ascorbic acids from 7.22 to 11.92 mg%. The Redhaven, Obilny, Orion, Silver Roma varieties have the highest amount of vitamin C (8.00–11.92 mg%), the minimum (7.22–7.45 mg%) — Osenniy rumyanets, Pamyat Simirenko, which depended on the varieties, their ripening time and abiotic factors of the natural environment of the region.

Keywords: humid subtropics, varieties, peach, nectarines, biochemical analysis, product quality, antioxidants

Persica vulgaris (Mill.) — одна из ведущих косточковых плодовых культур из семейства розовых (*Rosaceae* Juss) (2n=16), распространена на Северном Кавказе, в Закавказье, Средней Азии, на юге Украины. [2] Персик отличается высокой скороплодностью и повышенной теплолюбивостью. Выращивается во многих странах (Франция, Германия, Италия, Индия, США, Канада, Бразилия, Венесуэла, Кения, Египет и другие). [7]

Культура высокоурожайная, зимостойкость низкая, требовательна к питательной почве. [10]

У сочинских персиков высокие вкусовые качества, обеспечивающие им конкурентоспособность, по сравнению с импортными плодами. Благоприятные условия на побережье (температура воздуха днем до 22...24°C и ночью 18...20°C) значительно влияют на вкусовые качества плодов во время их созревания.

* Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания ФИЦ СХЦ РАН FGRW-2022-0012, № госрегистрации 121120700353-5 / The publication was prepared as part of the implementation of the state task of the FIT SNC RAS FGRW-2022-0012, state registration no. 121120700353-5.

Но в субтропической зоне лимитирующие факторы – дождливая и холодная погода с туманами, резкие перепады температуры воздуха от 20 до 5...8°C, ливневые дожди, засуха более двух месяцев. [1]

В настоящее время перед учеными стоит задача расширения ассортимента пищевых продуктов, обогащенных БАВ, которые могли бы повысить защитные реакции организма. [16] Поэтому проводится биохимическая оценка плодов разных сроков созревания новых сортово-подвойных комбинаций персика с привоем БП во влажных субтропиках: *Редхавен* (контроль), *Пятница 13* (ранний), *Память Симиренко* и *Осенний румянец* (средний) и нектарина – *Обильный*, *Орион*, *Silver Roma* (поздний). [1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали сорта персика и нектарина в полевых условиях на базе опытно-технологического отдела сектора плодовых культур ФИЦ СНЦ РАН в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». [6] Биохимический состав плодов персика определяли методом капиллярного электрофореза «Капель», содержание аскорбиновой кислоты – йодометрическим методом с 2% НСЕ и титрованием 0,001 N раствором KIO_3 , сухого вещества – методом высушивания до постоянного веса. [5] Агротехника общепринятая. Почвы – бурые лесные. Ежегодно вносили удобрения – $N_{120}P_{90}K_{90}$, орошение насаждений не проводили. Экспериментальные данные статистически обрабатывали и оценивали результаты исследований по Доспехову с применением программы Excel XP.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Физиолого-биохимические особенности новых сортово-подвойных комбинаций персика и нектарина изучают для более продолжительного конвейера свежих плодов во влажных субтропиках России. [8] Важнейший критерий высоких товарных качеств плодов – высокое содержание в них биологически ценных веществ, которые обуславливают не только вкусовые особенности, но и лечебно-профилакти-

ческое, питательное воздействие. [1] При характеристике достоинств сортов важен химический состав плодов, зависящий от природы сорта, погодных условий и места произрастания. Плоды содержат большое количество сахаров (сахароза, фруктоза, глюкоза), свободных органических кислот (яблочная, лимонная, винная, янтарная), а также аскорбиновой кислоты, которая играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах обмена веществ. Биохимическую оценку осуществляли с июня по август включительно. [12]

По результатам исследований отмечено невысокое содержание сухих веществ в плодах персика и нектарина – 11,12...14,25%, что негативно влияло на их лежкость и транспортабельность, это зависело от сортов, сроков созревания плодов, соблюдения правил хранения и погодно-климатических условий Черноморского побережья Краснодарского края.

Общее содержание сахаров имеет большое значение в оценке вкусовых качеств косточковых культур. [13] В плодах персика и нектарина больше половины суммы сахаров представлены сахарозой, в меньших количествах присутствуют глюкоза и фруктоза. Выявлено, что общая сумма сахаров (фруктоза, глюкоза, сахароза) в среднем по опыту – 8,5...10,9 г/100 г. Проведенные анализы в июне и июле свидетельствовали о преобладании сахарозы – 5,8...9,4 г/100 г в плодах. Максимальное ее содержание – 8,1...9,4 г/100 г у сортов персика *Память Симиренко* (БП), *Редхавен* (БП), *Осенний румянец* (БП), *Пятница 13* (БП), минимальное – 5,80...6,8 г/100 г у сортов нектарина *Обильный* (БП), *Орион* (БП), *Silver Roma* (БП), что связано со сроками созревания и абиотическими факторами природной среды (рис. 1).

В августе из-за снижения содержания сахарозы на 2,3...2,6 г/100г в 1,4 раза повысились показатели содержания фруктозы и глюкозы, по сравнению с предыдущими месяцами (июнь, июль).

Благоприятные погодные условия в августе для нектаринов сортов *Обильный*, *Орион* и *Silver Roma* с БП положительно влияли на увеличение содержания экстрактивных веществ в плодах.

Важную роль в определении вкусовых качеств и аромата плодов играют органические кислоты (яблоч-

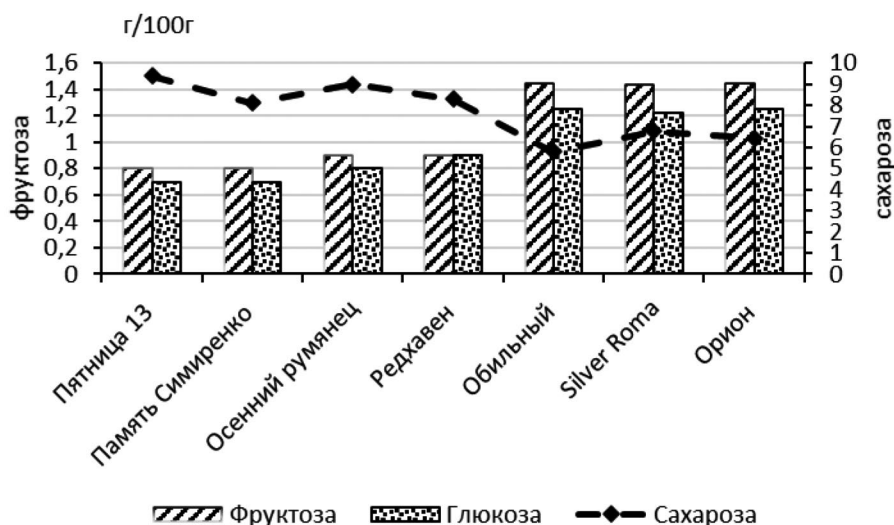


Рис. 1. Среднее содержание сахаров в плодах персика и нектарина.

ная, винная, лимонная, янтарная), которыми богаты персик и нектарин. [13] В июне-июле у сортов персика *Память Симиренко*, *Редхавен*, *Осенний румянец*, *Пятница 13* превалировало содержание винной кислоты — 504,2...886,3 мг/100 г, нектарина *Обильный*, *Орион* и *Silver Roma* — 247,9...298,8 мг/100 г, яблочной — 146,4...288,6 и 341,1...483,9 мг/100 г соответственно. Но уже в августе количество винной кислоты уменьшилось почти в 2 раза, а яблочной, наоборот, в 1,5...2,0 раза выросло.

Резкие переходы в содержании сахаров и титруемых (свободные) кислот можно объяснить уязвимостью молодых сортово-подвойных насаждений под влиянием абиотических факторов среды субтропической зоны региона, отсутствием запаса питательных веществ в растениях и сроками созревания плодов. Количество остальных кислот (лимонная, янтарная) было ниже, чем яблочной и винной, их показатели — стабильно ровные.

Аскорбиновая кислота (АК) — уникальное полифункциональное соединение, относится к важнейшим компонентам пищи, которые вовлечены в жизненно важные процессы в организме. [5, 9] С помощью витамина С происходит синтез, благодаря ферментам — активация БАВ и протекание биохимических реакций. [15] Исследованиями (2021–2022 годы) различных сортов персика и нектарина установлено, что накопление и содержание аскорбиновой кислоты коррелировало с переменной погодно-климатических условий субтропиков России, что способствовало изменению показателей биохимического состава культуры (рис. 2).

Химический анализ плодов персика и нектарина показал, что содержание аскорбиновой кислоты по опыту в среднем составило 7,22...11,92 мг%.

Плоды сортов *Редхавен*, *Обильный* и *Орион* отличились наибольшим содержанием витамина С (8,12...11,92 мг%), по сравнению с сортами *Осенний румянец*, *Память Симиренко*, *Silver Roma* (7,22...7,99 мг%), что зависело от сортов, сроков созревания и окружающей среды субтропической зоны Краснодарского края.

Выводы. Таким образом, сорта персика *Память Симиренко* (БП), *Редхавен* (БП), *Осенний румянец* (БП), *Пятница 13* (БП) обладали наилучшими вкусовыми качествами и высокой устойчивостью в период гидротермических нарушений среды. Молодые на-

саждения сортов нектарина *Обильный*, *Орион* и *Silver Roma* в стадии адаптации, но характеризуются высокой устойчивостью к дестабилизации погодных условий, содержание глюкозы и фруктозы превышает сорта персика в 1,5...2,0 раза, винной и яблочной кислот — 2,0...3,0 раза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абиляфазова Ю.С. Оценка качества плодов разных сортов персика в условиях Сочи // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 67. С. 137–141.
2. Бахтеев Ф.Х. Важнейшие плодовые растения. М.: «Просвещение», 1970. 351 с.
3. Еремин Г.А. Селекционное улучшение персика и нектарина в Краснодарском крае // Науч. журнал. КубГАУ. 2010. № 63.
4. Мурсалимова Г.Р., Хардикова С.В., Шамраев А.В. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах яблони разных привойно-подвойных комбинаций в природно-экологических условиях Оренбургской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. № 55. С. 129–132. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-55-129-132>.
5. Починков Х.Н. Методы биохимического анализа растений. Киев: Наукова думка, 1976. С. 39–178.
6. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
7. Рындин А.В., Лях В.М., Смагин Н.Е. Культура персика в разных странах мира. Субтропическое и декоративное садоводство. 2016. № 57. С. 9–24.
8. Смагин Н.Е., Абиляфазова Ю.С. Беспрерывный конвейер созревания плодов персика // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 6. С. 49–51.
9. Чивилев В.В., Кружков А.В., Кириллов Р.Е., Куликов В.Н. Оценка засухоустойчивости сортов и форм груши, вишни, черешни и абрикоса // Вестник современных исследований. 2019. № 1,2 (28). С. 115–117.
10. Шайтан И.М., Чуприна Л.М., Анпилогова В.А. Биологические особенности и выращивание персика, абрикоса и алычи. Киев: Наукова Думка, 1989. С. 6 – 154.
11. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // Potravnarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 723–728. <https://doi.org/10.5219/974>.
12. Basharat Y., Khalid G., Ali Abas W., Preeti S. Health Benefits of Anthocyanins and Their Encapsulation for Potential Use in Food Systems: A Review // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2016. V. 56. P. 2223–2230.
13. Belous O., Abilfazova Yu. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica*: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates). Nova Science Publishers, Inc., USA. Ch. 4. P. 234–240. 2021.
14. Cociu V., Hough L.F., Ionescu P.M., Topor E. Results on breeding new very early and early ripening peach and nectarine varieties // Acta Horticulture. 1985. V. 173. P. 25–30. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1985.173.3>.
15. Grosso G., Bei R., Mistretta A. et al. Effects of Vitamin C on health: a review of evidence // Front Biosci., 2013. No. 18. P. 1017–1029.
16. Legua P., Daz Mula H.M. et al. Quality, bioactive compounds and antioxidant activity of new flat-type peach and nectarine cultivars: a comparative study // Journal of Food Science. 2011. Vol. 76. Is.5. P. 729–735.

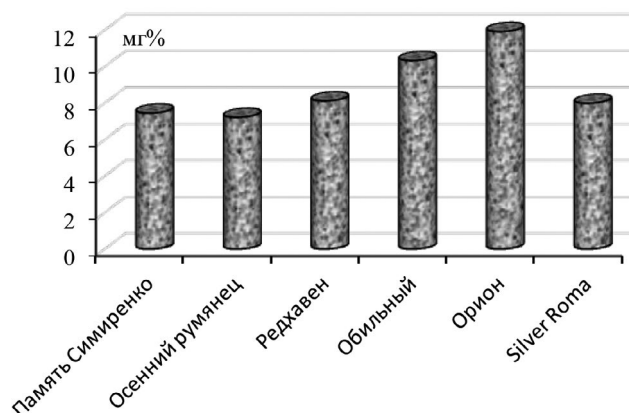


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах персика и нектарина (НСР = 1,90, $P \leq 0,05$).

REFERENCES

1. Abil'fazova Yu.S. Ocenka kachestva plodov raznyh sortov persika v usloviyakh Sochi // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2018. № 67. S. 137–141.
2. Bahteev F.H. Vazhnejšie plodovye rasteniya. M.: "Prosveshchenie", 1970. 351 s.
3. Eremin G.A. Selekcionnoe uluchshenie persika i nektarina v Krasnodarskom krae // Nauch. zhurnal. KubGAU. 2010. № 63.
4. Mursalimova G.R., Hardikova S.V., Shamraev A.V. Soderzhanie askorbinovoy kisloty v plodah yabloni raznyh privojno-podvoynykh kombinacij v prirodno-ekologicheskikh usloviyakh Orenburgskoj oblasti // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2018. № 55. S. 129–132.
<https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-55-129-132>.
5. Pochinok H.N. Metody biohimicheskogo analiza rastenij. Kiev: Naukova dumka, 1976. S. 39–178.
6. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur / Pod red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covoj. Orel: VNIISP, 1999. 608 s.
7. Ryndin A.V., Lyah V.M., Smagin N.E. Kul'tura persika v raznykh stranah mira. Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2016. № 57. S. 9–24.
8. Smagin N.E., Abil'fazova Yu.S. Bespreryvnyj konvejer sozrevaniya plodov persika // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2015. № 6. S. 49–51.
9. Chivilev V.V., Kruzhkov A.V., Kirillov R.E., Kulikov V.N. Ocenka zasuhoustojchivosti sortov i form grushi, vishni, chereschni i abrikosa // Vestnik sovremennykh issledovanij. 2019. № 1,2 (28). S. 115–117.
10. Shajtan I.M., Chuprina L.M., Anpilogova V.A. Biologicheskie osobennosti i vyrashchivanie persika, abrikosa i alychi. Kiev: Naukova Dumka, 1989. S. 6 – 154.
11. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 723–728.
<https://doi.org/10.5219/974>.
12. Basharat Y., Khalid G., Ali Abas W., Preeti S. Health Benefits of Anthocyanins and Their Encapsulation for Potential Use in Food Systems: A Review // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2016. V. 56. P. 2223–2230.
13. Belous O., Abilphazova Yu. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates)*. Nova Science Publishers, Inc., USA. Ch. 4. P. 234–240. 2021.
14. Cociu V., Hough L.F., Ionescu P.M., Topor E. Results on breeding new very early and early ripening peach and nectarine varieties // Acta Horticulture. 1985. V. 173. P. 25–30.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1985.173.3>.
15. Grosso G., Bei R., Mistretta A. et al. Effects of Vitamin C on health: a review of evidence // Front Biosci., 2013. No. 18. P. 1017–1029.
16. Legua P., Daz Mula H.M. et al. Quality, bioactive compounds and antioxidant activity of new flat-type peach and nectarine cultivars: a comparative study // Journal of Food Science. 2011. Vol. 76. Is. 5. P. 729–735.

Поступила в редакцию 15.04.2024

Принята к публикации 29.04.2024

УДК 632:631.8:633.1

DOI: 10.31857/S2500208224060135, EDN: WTLIPE

КОМПЛЕКСНАЯ АНТИСТРЕССОВАЯ ЗАЩИТА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ КОНТРАСТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Александр Сергеевич Ступин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Виктор Иванович Левин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

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

E-mail: stupin32@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты стрессозащиты семян и растений яровой пшеницы и ячменя районированных сортов для третьей агроклиматической зоны РФ. Исследования проводили в 2018–2022 годах в два этапа: первый – лабораторные опыты на кафедрах селекции, семеноводства и агротехнологии ФГБОУ ВО РГАУ, второй – полевые на серых лесных почвах среднего уровня плодородия сельскохозяйственного предприятия имени Крупской (Рязанская обл.). Алгоритм комплексной стрессозащиты: а) отбор для посевных целей наиболее устойчивых партий семян к этиленовому стрессу, б) их стрессозащита и повышение всхожести в процессе послеуборочного хранения, в) предпосевная обработка, г) опрыскивание растений на IV–V этапах органогенеза полифункциональными регуляторами роста с антистрессовыми свойствами (Альбит, ТПС; Циркон, Р; Эпин-Экстра, Р), пролонгирующими эффект защиты растений в критические фазы их роста и развития. В течение пяти лет исследований, которые были контрастными по метеорологическим условиям, использованию для посева семян с повышенной стрессоустойчивостью и функциональной активностью способствовало стабильному повышению полевой всхожести яровой пшеницы на 2,8–10,6%, усилению побегообразования в фазе кущения на 0,12–0,23, ячменя – 4,2–7,2% и 0,16–0,25% соответственно. Наиболее выражены эти процессы протекали у яровой пшеницы в годы с повышенной засухой. Растения в вариантах с комплексной стрессозащитой отличались более высокой продуктивностью фотосинтеза, индексом листовой поверхности и наземной фитомассы. Приемы, блокирующие развитие стресса от начальных этапов онтогенеза до формирования репродуктивных органов, интенсифицировали рост растений, обеспечивали лучшее накопление ресурсов продуктивности, способствовали повышению урожайности зерна яровой пшеницы и ячменя в зависимости от вариантов опыта соответственно на 0,48–0,62 и 0,31–0,39 т/га. Рост урожайности во все годы при использовании антистрессовой защиты был обусловлен увеличением числа продуктивных стеблей, более высокой полновесностью колоса и массой 1000 зерен. Эти методы стрессозащиты отвечают требованиям производства экологически безопасной продукции и могут найти применение как элемент технологии в производстве органической растениеводческой продукции.

Ключевые слова: зерновые культуры, стресс, комплексная стрессозащита, урожайность, погодные условия, регуляторы роста

COMPREHENSIVE ANTI-STRESS PROTECTION OF GRAIN CROPS
UNDER CONTRASTING WEATHER CONDITIONSA.S. Stupin, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*V.I. Levin, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

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

E-mail: stupin32@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of stress protection of seeds and plants of spring wheat and barley of zoned varieties for the 3rd agro-climatic zone of the Russian Federation. The research was carried out in 2018–2022 in 2 stages: the first was a series of laboratory experiments at the departments of breeding, seed production and Agrotechnology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, the second was field experiments on gray forest soils of average fertility in an agricultural enterprise named after him. Krupskaya Ryazan region. The algorithm of complex stress protection included a sequential cascade of interrelated agrotechnological techniques: a) a method for selecting the most resistant batches of seeds to ethylene stress for sowing purposes, b) a method for stress protection and increasing the germination of these seeds during post-harvest storage, c) pre-sowing seed treatment and d) plants IV–V stages of organogenesis with multifunctional growth regulators with anti-stress properties (Albite, TPS; Zircon, R; Epin-Extra, R), prolonging the effect of plant protection in critical phases of plant growth and development. During all 5 years of research, which were contrasting in meteorological conditions, the use of seeds with increased stress resistance and functional activity for sowing contributed, on average, to a stable increase in field germination of spring wheat by 2.8–10.6%, barley – 4.2–7.2%, increased shoot formation in the tillering phase of spring wheat by 0.12–0.23 and barley 0.16–0.25% of plants. These processes were most pronounced in spring wheat, in years with increased drought. The plant variants of complex stress protection were characterized by higher photosynthesis productivity, leaf surface index and terrestrial phytomass. A set of techniques that block the development of stress from the initial stages of ontogenesis to the formation of reproductive organs intensified plant growth, provided a higher level of accumulation of productivity resources, contributed to an increase in grain yields of spring wheat and barley, depending on the experimental options, by 0.48–0.62 t/ha and 0.31–0.39 t/ha, respectively. The increase in yield in all the years of the study, when using anti-stress protection, was due to an increase in the number of productive stems, a higher full-weight ear and a weight of 1000 grains. The applied stress protection methods fully meet the requirements of the production of environmentally friendly products and can be used as an element of technology in the production of organic crop products.

Keywords: crops, stress, complex stress protection, yield, weather conditions, growth regulators

Посевы сельскохозяйственных культур, отдельные растения в течение жизненного цикла неизбежно подвергаются воздействию широкого спектра абиотических стресс-факторов (засуха, резкие перепады температур). [3, 4, 6] У растений возникают повреждения надземной части и корневой системы, вызванные комплексом агротехнических приемов, средств механизированной обработки и ухода за посевами. [15, 16] Важная роль в интенсификации производства сельскохозяйственной продукции отводится применению инсектофунгицидов, гербицидов и других средств защиты. Подавляющее их большинство, особенно в случае нарушения технологического регламента, вызывает у растений стресс, что сопровождается снижением их функциональной активности, угнетением роста, падением продуктивности. [10, 11, 16] Альтернатива уменьшения пестицидной нагрузки и экстремальных абиотических факторов – расширение масштабов применения регуляторов роста с высоким уровнем биологической активности, свойствами иммуномодуляции и фитогормонов, регулирующих морфологическую и физиологическую программу развития, обеспечивающих формирование комплексной устойчивости к абиотическим стрессам. [1, 9, 12, 13, 16, 17, 20] Однако состояние стресса свойственно не только растениям, но и воздушно-сухим семенам сельскохозяйственных культур, находящимся в вынужденном покое. [5, 8] Семена, как целостные автономные организмы, на экстремальные воздействия самой различной природы (абиотические и биотические) отвечают неспецифической адаптационной реакцией. Нарушается обмен веществ, гормональный баланс, снижаются посевные качества, угнетается прорастание: в полевых условиях падает устойчивость проростков, уменьшается продуктивность растений. [14, 18] Выявлены факторы,

способные модифицировать состояние стресса и развигивать дистанционные каскадные эффекты между поврежденными и интактными семенами во всей совокупности в процессе послеуборочного хранения. [19]

Ведущая роль в адаптационной изменчивости растительных организмов и величине урожайности сельскохозяйственных культур принадлежит агроклиматическим условиям – продолжительности засушливого периода и вариативности температурного режима при вегетации. [2–4]

Цель работы – оценить влияние комплекса приемов стрессозащиты семян при послеуборочном хранении и предпосевной обработке, а также растений в критические этапы органогенеза на устойчивость продукционного процесса зерновых культур в контрастных погодных условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – яровая пшеница *Triticum aestivum* L. сорта *Дарья* и ячмень *Hordeum vulgare* L. сорта *Владимир*, отвечающие требованиям ГОСТ Р 52325-2005 на сортовые и посевные качества семян сельскохозяйственных растений.

Исследования выполняли в 2018–2022 годах в два этапа. На первом в специализированной лаборатории фитофизиологии университета с использованием авторских оригинальных методов оценивали устойчивость различных партий семян к этиленовому стрессу (патент RU № 2790268 от 15.02.2023), отбирая для посевных целей наиболее стрессоустойчивые, при последующем послеуборочном хранении их защите обеспечивали (патент RU № 2217894 от 10.12.2003) максимальным заполнением объема воздухом и светонепроницаемого контейнера, который вскрывали не-

посредственно перед посевом, что создавало условия гипоксии в межзерновой воздушной среде и блокировало фотоэффекты у зерновок. Стрессозащита семян включала агроприемы: отбор для посева наиболее устойчивых партий семян к стрессу; стрессозащита в процессе послеуборочного хранения в течение 9 мес. В комплекс стрессозащиты входило ежегодное определение в лабораторных условиях перед началом посевных работ оптимальной глубины посева семян, при которой снижались энергозатраты проростков на преодоление механического сопротивления почвы и формировалось максимальное число всходов.

На втором этапе закладывали полевые опыты на сельскохозяйственном предприятии имени Крупской Рязанской области. Схема опыта: 1. контроль — предпосевное хранение семян в зернохранилище (напольное); 2. стрессозащита (СЗ) семян; 3. СЗ + предпосевная обработка Альбитом, ТПС (40 мл/т) + опрыскивание растений на IV–V этапах органогенеза Альбитом, ТПС (40 мл/га); 4. предпосевная обработка СЗ семян Цирконом, Р (2 мл/т) и растений на IV–V этапах органогенеза Цирконом, Р (40 мл/га); 5. предпосевная обработка СЗ семян Эпин-Экстра, Р (200 мл/т) и растений на IV–V этапах органогенеза Эпин-Экстра, Р (50 мл/га).

В полевых условиях стрессозащита включала высев семян на оптимальную глубину, обработку семян перед посевом и растений на IV–V этапах органогенеза (формирование потенциально возможного числа цветков в колосе) полифункциональными регуляторами роста с антистрессовыми свойствами.

Почва — серая лесная среднесуглинистая, содержание гумуса — 3,71% по Тюрину (ГОСТ 26213-91), P_2O_5 (по Кирсанову) — 205 мг/кг почвы, K_2O (по Масловой) — 133 мг/кг почвы, рН сол пахотного слоя почвы — 5,1. Посев проводили в оптимальные агротехнические сроки для ранних зерновых культур Центральных районов Нечерноземной зоны РФ. Агротехнические мероприятия общепринятые в технологии выращивания яровой пшеницы и ячменя. Предшественниками в разные годы были озимая пшеница и зернобобовые культуры. Норма высева семян яровой пшеницы и ячменя соответственно 600 и 500 шт. всх. сем./м², глубина посева по годам — 3...6 см. Посевная площадь делянок — 110 м², учетная — 75 м², повторность четырехкратная. Фенологические наблюдения, учеты, морфометрические измерения растений выполняли в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Результаты лабораторных опытов и биометрию растений статистически обрабатывали по критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $P < 0,05$, урожайные данные — методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Метеорологические условия в период проведения полевых опытов (2018–2022 годы) характеризовались как контрастные: 2018 год — сильно засушливый, 2020 — избыточно влажный, 2019, 2021 и 2022 — близкие к средним многолетним значениям с признаками засухи. В 2018 году на ранних этапах онтогенеза (прорастание семян, формирование всходов, кущение) выпало 24 мм осадков (60% климатической нормы), в июне при интенсивном линейном росте и накоплении фитомассы — 17 мм (64% нормы). Только во II декаде июля количество осадков было в 1,5 раза больше средних многолетних. Но это не вносило значимых коррек-

тив по компенсации низкого уровня накопления фитомассы, в предыдущие этапы роста и развития, так как в этот период (колошение-цветение) экспотенциальный рост сменялся переходом на плато и уже происходил отток пластических веществ по типу донорно-акцепторных связей из вегетативных частей растений к генеративным (колос). I декада августа была экстремально засушливая — 23% нормы осадков. За активную вегетацию температурный режим отличался от средних многолетних значений не более чем на 0,5...0,6°C. Злаковые культуры на фоне острого дефицита влаги в мае и июне (ГТК — 0,48 и 0,32) и среднего за весь период вегетации (ГТК — 0,63) испытывали состояние хронического стресса.

Особенность агроклиматических условий 2020 года — стабильное превышение за жизненный цикл зерновых культур количества осадков в 1,5...2,1 раза климатической нормы, при температуре воздуха ниже нормы на 1,3°C в мае и 1,1...1,8°C июне-июле. К концу июня растения сформировали высокую фитомассу, отток пластических веществ из-за аттрагирующего эффекта генеративных органов обеспечил к середине августа формирование колоса с повышенной продуктивностью. ГТК по месяцам варьировал от 1,34...1,87, в среднем за вегетацию — 1,44. Погодные условия вегетации 2019, 2021 и 2022 годов характеризовались неравномерным выпадением осадков, их количество в отдельные декады составляло 53...65% нормы или превышало многолетние значения в 1,2...1,5 раза, были предпосылки формирования состояния стресса у растений. Температура неустойчивая, повышалась на 1,8...3,0°C или понижалась на 0,9...2,3°C.

ГТК в 2019, 2021 и 2022 годах — 0,91, 0,83 и 0,91, с колебаниями в течение вегетационного периода жизненного цикла — 0,39...1,33. Нестабильность водного и температурного режимов вызывало состояние гидротермостресса, нарушала сопряженность морфофизиологических процессов органогенеза и блокировало реализацию потенциальной продуктивности растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проращивание СЗ семян зерновых культур сопровождалось формированием проростков значительно отличающихся от контроля. У яровой пшеницы морфологические показатели трех и семисуточных проростков превышали контроль по длине ростков на 5,8 и 7,1 мм (23,4 и 12,6%), ячменя — 3,6 и 5,3 мм (8,8 и 12,9%) (табл. 1).

Энергия прорастания СЗ семян яровой пшеницы и ячменя были больше контроля на 8,9 и 6,5%, по лабораторной всхожести различия отсутствовали. Контейнерное хранение при максимальном заполнении создавало условия близкие к гипоксии, в зерновках снижалась активность метаболических процессов. Отсутствие воздухообмена блокировало образование активных форм кислорода, индуцирующих развитие окислительного стресса, преимущественно у зерновок с нарушенной целостностью плодовых оболочек. [8] В результате у СЗ семян сохранялись более высокий энергетический потенциал и функциональная активность, что в полевых условиях способствовало увеличению числа прорастающих семян и усиленному развитию растений на ранних этапах онтогенеза (табл. 2).

Таблица 1.

Влияние условий послеуборочного хранения на морфометрические показатели проростков и посевные качества семян, среднее по трем партиям семян

Семена	Проростки				Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
	ростки, мм		наибольший первичный корешок, мм			
	трехсуточные	семисуточные	трехсуточные	семисуточные		
Яровая пшеница						
Стрессозащищенные	30,5 ± 2,3*	63,4 ± 3,7*	37,6 ± 2,9*	93,0 ± 4,3	88,4 ± 3,5*	96,1 ± 1,0
Контроль	24,7 ± 2,1	56,3 ± 3,2	29,4 ± 2,5	88,6 ± 4,1	79,5 ± 3,3	94,8 ± 1,2
Ячмень						
Стрессозащищенные	22,7 ± 1,9*	46,5 ± 2,6*	34,7 ± 2,3	85,1 ± 3,9	77,8 ± 3,2*	94,2 ± 1,1
Контроль	19,1 ± 1,5	41,2 ± 2,5	31,8 ± 2,4	84,3 ± 4,1	71,3 ± 3,0	93,5 ± 1,3

Примечание. * — статистически достоверные различия с контролем при $P \leq 0,05$. То же в табл. 3.

Таблица 2.

Полевая всхожесть СЗ семян и развитие растений яровой пшеницы и ячменя на ранних этапах онтогенеза при предпосевной обработке регуляторами роста по годам

Культура	Вариант	Полевая всхожесть, %			Коэффициент кущения		
		2018	2019	2020	2018	2019	2020
Яровая пшеница	1	59,4	72,7	88,5	1,07	1,28	1,61
	2	66,2	75,8	89,2	1,12	1,33	1,68
	3	68,3	77,1	90,4	1,26	1,34	1,71
	4	70,0	78,3	90,7	1,30	1,41	1,73
	5	69,6	77,6	91,3	1,29	1,40	1,72
Ячмень	1	60,1	68,2	85,4	1,12	1,41	2,03
	2	63,4	70,1	86,9	1,20	1,45	2,19
	3	67,3	72,4	88,1	1,35	1,47	2,15
	4	66,5	72,3	89,6	1,37	1,52	2,17
	5	65,8	73,9	89,0	1,33	1,54	2,18

Выраженное защитно-адаптивное влияние регуляторов роста на развитие растений происходило на ранних этапах онтогенеза (прорастание семян — формирование всходов, кущение), когда растения наиболее уязвимы к воздействию абиотических факторов стресса. В условиях продолжительной устойчивой за-

сухи в мае 2018 года (ГТК — 0,48) полевая всхожесть СЗ семян яровой пшеницы и ячменя превышала контроль на 6,8 и 3,3%, повышенной влагообеспеченности в 2020 (ГТК — 1,56) соответственно на 1,3 и 1,5%. Сочетание СЗ семян и предпосевной обработки регуляторами роста оказало выраженное защитно-стимулирующее влияние на прорастание. Полевая всхожесть в среднем по вариантам комплексной стрессозащиты у яровой пшеницы и ячменя в 2018 году увеличилась на 9,9 и 6,4%, 2020 — 2,0 и 3,5%. При пониженной влажности 2019 года (ГТК — 0,89) полевая всхожесть семян была выше контроля в варианте СЗ на 2,1...1,7%, в комплексных — 4,4...5,6% и 4,1...5,7% соответственно. В опытных вариантах происходило усиленное побегообразование у растений яровой пшеницы и ячменя, по отношению к контролю в 2018 году на 0,19...0,23% и 0,21...0,25%, 2020 — 0,05...0,07% и 0,12...0,15% соответственно. С улучшением влагообеспеченности растений и повышением ГТК снизились затраты энергетических ресурсов, различия в интенсивности кущения растений между опытными вариантами и контролем. Обработка растений на IV-V этапах органогенеза регуляторами роста пролонгировала антистрессовый эффект в фазах колошение-цветение (табл.3).

Коэффициент кущения в 2018–2020 годах был выше контроля у яровой пшеницы на 0,09...0,14, ячменя —

Таблица 3.

Изменчивость элементов продукционного процесса и структуры урожая зерновых культур в условиях антистрессовой защиты, 2018–2022 годы

Вариант	Колошение-цветение			Количество продуктивных стеблей, шт/м²	Продуктивность колоса		Масса 1000 зерен, г
	продуктивность фотосинтеза, г/м²/сут.	индекс листовой поверхности	наземная фитомасса, г/м²		зерно, шт.	масса, г	
Яровая пшеница							
1	5,85 ± 0,09	2,20 ± 0,11	897 ± 24	391	31,6	0,97	30,7
2	5,86 ± 0,10	2,49 ± 0,17*	958 ± 35*	410	32,0	0,99	30,9
3	6,01 ± 0,10	2,67 ± 0,25*	1045 ± 39*	415	32,5	1,03	31,7
4	6,09 ± 0,13*	2,65 ± 0,26*	1057 ± 45*	421	32,3	1,04	32,3
5	6,11 ± 0,12*	2,71 ± 0,29*	1063 ± 41*	425	32,5	1,04	32,2
Ячмень							
1	4,94 ± 0,07	1,87 ± 0,10	705 ± 18	357	19,9	0,90	43,9
2	4,97 ± 0,06	2,03 ± 0,11	744 ± 20*	378	20,1	0,90	43,9
3	5,03 ± 0,09	2,23 ± 0,19*	796 ± 27*	388	21,0	0,91	44,1
4	5,08 ± 0,08	2,25 ± 0,21*	809 ± 31*	391	21,1	0,92	44,0
5	5,07 ± 0,09	2,26 ± 0,21*	815 ± 33*	385	20,8	0,91	44,1

Таблица 4.

Влияние комплексной стрессозащиты на урожайность зерновых культур, т/га

Вариант	Год					Среднее за пять лет	Прибавка к контролю, %
	2018	2019	2020	2021	2022		
Яровая пшеница							
1	2,83	3,89	4,68	3,33	4,22	3,79	—
2	3,09	4,21	4,87	3,59	4,51	4,05	6,8
3	3,34	4,43	5,09	3,81	4,70	4,27	12,7
4	3,52	4,42	5,18	3,87	4,77	4,35	14,8
5	3,61	4,66	5,12	3,84	4,81	4,41	16,4
НСР _{0,05}	0,21	0,25	0,28	0,23	0,27		
Ячмень							
1	2,71	3,28	3,63	2,94	3,42	3,20	—
2	2,94	3,50	3,84	2,96	3,70	3,38	5,6
3	2,97	3,54	4,19	3,17	3,81	3,54	10,6
4	3,26	3,68	4,02	3,20	3,79	3,59	12,1
5	3,05	3,56	3,93	3,27	3,74	3,51	9,7
НСР _{0,05}	0,19	0,20	0,23	0,18	0,21		

0,12...0,13. Эффект стрессозащиты наиболее отчетливо проявился в засуху у яровой пшеницы при комбинации СЗ семян с полифункциональными регуляторами роста.

Циркон, Р и Эпин-Экстра, Р оказали стимулирующее влияние на изменение всех элементов продукционного процесса (продуктивность фотосинтеза, листовая поверхность, наземная фитомасса) яровой пшеницы и ячменя. В вариантах с Альбитом, ТПС и СЗ у яровой пшеницы значительно повысились фитомасса растений и индекс листовой поверхности соответственно на 148 г/м² и 0,47, 61 г/м² и 0,29; ячменя – 91 г/м² и 0,36, 39 г/м² и 0,16.

Стрессозащита от начальных этапов органогенеза до формирования репродуктивных органов в среднем за пять лет способствовала увеличению у яровой пшеницы и ячменя количества продуктивных стеблей на 24...34 и 28...33 шт/м², озерненности – 0,7...0,9 и 0,9...1,2 шт.; массы колоса – 0,06...0,07 и 0,01...0,02 г, массы 1000 зерен – 1,0...1,5 и 0,1...0,2 г. Комплексная стрессозащита помогала повысить урожайность зерна яровой пшеницы на 0,48... 0,62 т/га (12,7...16,4%), ячменя – 0,31...0,39 т/га (9,7...12,1%) (табл.4).

Максимальные прибавки урожая зерна яровой пшеницы за пять лет были получены трижды от применения Эпин-Экстра, Р, дважды от Циркона, Р, ячменя – дважды от Циркона, Р и Альбита, ТПС и один раз от Эпин-Экстра, Р.

Таким образом, комплексная стрессозащита при контрастных погодных условиях блокировала развитие стресса у растений и помогала использовать ресурсы продуктивности не на адаптивно-защитные реакции, а репродуктивные функции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Боровская А.Д., Иванова Р.А., Машенко Н.Е. Влияние теплового стресса и биологически активных веществ из *Linaria genistifolia* на прорастание семян кукурузы и содержание в них крахмала // SECȚIA I. Aspecte genetice și fiziologice de creare și dirijare a potențialului productiv și adaptiv al plantelor de cultură. 2021. С. 18–21. <https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.04>

- Вакуленко В.В. Влияние регуляторов роста на урожайность сельскохозяйственных культур в различных зонах России // Зерновое хозяйство России. 2015. № 1. С. 48–54.
- Грабовец А.И., Фоменко М.А. Изменение климата и особенности селекции озимой мягкой пшеницы на продуктивность и адаптивность к нему // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 20–25.
- Гуреева Е.В. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области // Земледелие. 2018. № 7. С. 34–35.
- Землянская Е.В., Омелянчук Н.А., Ермаков А.А., Миронова В.В. Механизмы регуляции передачи этиленового сигнала у растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 3. С. 386–395.
- Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6. С. 18–22.
- Левин В.И., Антипкина Л.А., Ступин А.С. Последствие стресс-факторов на прорастание и посевные качества семян зерновых культур // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 4(48). С. 3–10.
- Левин В.И., Дудин Н.Н., Антипкина Л.А., Ушаков Р.Н. Состояние стресса у семян хлебных злаков и методика его диагностики // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 5. С. 28–38.
- Лухменев В.П. Регуляторы роста и иммуностимуляторы неспецифического антистрессового действия на яровой пшенице // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2004. № 4. С. 18–20.
- Лухменев В.П., Нугуманов А.Х., Ахметшин А.И. и др. Экологические аспекты использования химических средств защиты растений на яровом ячмене и пшенице // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. Т. 1. С. 58–61.
- Наумов М.М., Зимина Т.В., Хрюкина Е.И., Рябчинская Т.А. Роль полифункциональных регуляторов роста растений в преодолении гербицидного стресса // Агрохимия. 2019. № 5. С. 21–28.
- Неверов А.А., Воскобулова Н.И., Верещагина А.С. Влияние обработки семян регулятором роста растений

- Мивал-Агро на формирование урожая зерна кукурузы в различных погодных условиях // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 2. С. 209–217.
13. Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л., Верхотуров В.В., Лысак В.И. Роль фитогормонов в регуляции прорастания семян // Известия вузов. Прикладная химия и биология. 2013. № 1. С. 61–66.
 14. Ряднов А.И., Арылов Ю.Н. Повышение урожайности яровой пшеницы за счет использования семян с низким уровнем травмирования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 45–52.
 15. Сергеев В.С. Антистрессовая технология защиты сельскохозяйственных культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 10 (96). С. 33–36.
 16. Тютерева С.Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве // Вестник защиты растений. 2000. № 1. С. 11–35.
 17. Чумкина Л.В., Абрамова Л.И., Колпакова В.В., Топунов А.Ф. Роль фитогормонов в регуляции устойчивости семян пшеницы, ржи и тритикале к действию повышенных температур при прорастании // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. Т. 55. № 1. С. 77–85.
 18. Ihsan M.Z., Khaliq A., Siddiqui M.H. et al. The response of triticum aestivum treated with plant growth regulators to acute day/night temperature rise // Journal of Plant Growth Regulation. 2022. Т. 41. № 5. С. 2020–2033.
 19. Levin V.I., Antipkina L.A., Stupin A.S., Dudin N. Modifying the effect of stressed spring wheat seeds on intact ones // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg. IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. p. 012015.
 20. Sabagh A., Islam M.S., Hossain A. et al. Phytohormones as growth regulators during abiotic stress tolerance in plants // Frontiers in Agronomy. 2022. Т. 4. p. 765068.
 6. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Lobunskaya I.A. Zasuha i gidrotermicheskiy koeffitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury) // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 6. С. 18–22.
 7. Levin V.I., Antipkina L.A., Stupin A.S. Posledestvie stress-faktorov na prorastanie i posevnye kachestva semyan zernovykh kul'tur // Vestnik Kurganskoy GSHA. 2023. № 4(48). С. 3–10.
 8. Levin V.I., Dudin N.N., Antipkina L.A., Ushakov R.N. Sos-toyanie stressa u semyan hlebnih zlakov i metodika ego di-agnostiki // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 5. С. 28–38.
 9. Luhmenev V.P. Regulatory rosta i immunostimulyatory nespecificheskogo antistressovogo dejstva na yarovoj psh-enice // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2004. № 4. С. 18–20.
 10. Luhmenev V.P., Nugumanov A.H., Ahmetshin A.I. i dr. Eko-logicheskie aspekty ispol'zovaniya himicheskikh sredstv zash-chity rastenij na yarovom yachmene i pshenice // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2005. Т. 1. С. 58–61.
 11. Naumov M.M., Zimina T.V., Hryukina E.I., Ryabchinskaya T.A. Rol' polifunkcional'nyh reguljatorov rosta rastenij v preodolenii gerbicidnogo stressa // Agrohimiya. 2019. № 5. С. 21–28.
 12. Neverov A.A., Voskobulova N.I., Vereshchagina A.S. Vliyanie obrabotki semyan reguljatorom rosta rastenij Mival-Agro na formirovanie urozhaya zerna kukuruzy v razlichnyh pogod-nyh usloviyah // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2018. Т. 101. № 2. С. 209–217.
 13. Nefed'eva E.E., Belopuhov S.L., Verhoturov V.V., Lysak V.I. Rol' fitogormonov v reguljácii prorastaniya semyan // Izvesti-ya vuzov. Prikladnaya himiya i biologiya. 2013. № 1. С. 61–66.
 14. Ryadnov A.I., Arylov Yu.N. Povyshenie urozhajnosti yarovoj pshenicy za schet ispol'zovaniya semyan s nizkim уровнем травмирования // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniver-sitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obra-zovanie. 2022. № 4 (68). С. 45–52.
 15. Sergeev V.S. Antistressovaya tekhnologiya zashchity sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik Altajskogo gosudarst-vennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 10 (96). С. 33–36.
 16. Tyuterev S.L. Fiziologo-biohimicheskie osnovy upravleniya stressoustojchivost'yu rastenij v adaptivnom rastenievodstve // Vestnik zashchity rastenij. 2000. № 1. С. 11–35.
 17. Chumkina L.V., Abramova L.I., Kolpakova V.V., Topu-nov A.F. Rol' fitogormonov v reguljácii ustojchivosti semyan pshenicy, rzhi i tritikale k dejstviyu povyshennyh temperatur pri prorastanii // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2019. Т. 55. № 1. С. 77–85.
 18. Ihsan M.Z., Khaliq A., Siddiqui M.H. et al. The response of triticum aestivum treated with plant growth regulators to acute day/night temperature rise // Journal of Plant Growth Regu-lation. 2022. Т. 41. № 5. С. 2020–2033.
 19. Levin V.I., Antipkina L.A., Stupin A.S., Dudin N. Modify-ing the effect of stressed spring wheat seeds on intact ones // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg. IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. p. 012015.
 20. Sabagh A., Islam M.S., Hossain A. et al. Phytohormones as growth regulators during abiotic stress tolerance in plants // Frontiers in Agronomy. 2022. Т. 4. p. 765068.

REFERENCES

Поступила в редакцию 27.06.2024
Принята к публикации 11.07.2024

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Евгений Степанович Савченко¹, член-корреспондент РАН

Сергей Викторович Лукин^{2,3}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: 0000-0003-0986-9995

¹Российская академия наук, г. Москва, Россия

²Центр агрохимической службы «Белгородский», г. Белгород, Россия

³Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Аннотация. Исследования проводили в Белгородской области (2010–2022 годы), расположенной на юго-западе Центрально-Черноземного района (ЦЧР). Цель работы заключалась в анализе результатов внедрения элементов биологизации земледелия на содержание органического вещества в пахотных почвах. Установлено, что несмытые пахотные черноземы типичные и выщелоченные при длительном сельскохозяйственном использовании потеряли 39,8–42,0% органического вещества, по сравнению с целинными аналогами. В 2019–2022 годах, по сравнению с 2010–2014, уровень внесения органических удобрений увеличился в два раза и достиг 9,6 т/га, площадь посева сидеральных культур выросла в 2,56 раза (до 317 тыс. га/год). За эти же годы в связи с ростом урожайности сельскохозяйственных культур выход побочной продукции увеличился (в зависимости от культуры) на 18,8–37,6% (2,07–10,3 т/га). Площадь чистых паров сократилась в 2,73 раза до 47,1 тыс. га/год. В области широко внедряются минимальные технологии обработки почвы, в том числе no-till, и реализуются комплексные противоэрозионные мероприятия. В 2019–2022 годах средневзвешенное содержание органического вещества в пахотном слое почв увеличилось на 0,3% (до 5,3%), запасы – 9 т/га (до 159 т/га). На каждом гектаре посевной площади в среднем накопилось 19 углеродных единиц рыночной стоимостью около 19 тыс. руб. Доля почв, содержащих органическое вещество в пределах 6,1–8,0%, возросла до 20,0%, 2,1–4,0% – уменьшилась до 10,9%.

Ключевые слова: Белгородская область, органические удобрения, гумус, дегумификация, сидераты, чернозем, чистый пар, эрозия почв

MANAGEMENT OF SOIL ORGANIC MATTER REGIME IN BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE

E.S. Savchenko¹, Corresponding Member of the RAS

S.V. Lukin^{2,3}, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

¹Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

³Belgorod Center for Agrochemical Service, Belgorod, Russia

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Abstract. All related research was conducted from 2010 to 2022 in the Belgorod region, located in the south-west of the Central Chernozem region (CCR). The goal of this study was to analyze the effects of introducing agriculturally biologized elements into arable soils on the organic matter content of those same soils. It was determined, that compared to their virgin counterparts, unwashed arable chernozems, typical and leached, had lost about 39.8–42.0% of their organic matter due to long-term agricultural use. In comparison to 2010–2014, the level of organic fertilizer input had doubled to 9.6 t/ha in 2019–2022, while the area of green manure cultures had increased by a factor of 2.56 to 317 thousand ha/year. Concurrently to the aforementioned years, the by-product output increased by 18.8–37.6% (depending on the crop), reaching levels between 2.07–10.3 t/ha, due to an increase in agricultural yield. The area of ley farms decreased by a factor of 2.73 down to 47.1 thousand ha/year. Additionally, a wide percentage of the Belgorod region have implemented low tillage technology usage, including no-till and executed complex anti-erosion activities. As a result of that, in 2019–2022, the average content of organic matter in the arable layer of soils went up by 0.3% (to 5.3%), while reserve by 9 t/ha (to 159 t/ha). Each hectare of the cultivated areas on average accumulated 19 carboxylic units, thereby making it worth about 19 thousand rubles. The percentage of soils, which contain 6.1–8.0% of organic matter, rose to 20.0%, while those containing 2.1–4.0%, were reduced to 10.9%.

Keywords: Belgorod region, organic fertilizer, humus, loss of humus, green manure, chernozem, ley farm, soil erosion

В соответствии с традиционными представлениями органическое вещество почвы – это совокупность всех органических веществ, находящихся в форме гумуса, остатков животных и растений. Его часть (85...90%), представленная совокупностью специфических и неспецифических органических веществ почвы, за исключением соединений, входящих в состав живых организмов и их остатков, называется гумусом. [6] Использование термина «гумус» в последнее десятилетие вызывает много дискуссий в связи с выходом работы

известных зарубежных ученых И. Лехмана и М. Клебера. Они предложили отказаться от его применения, поскольку в почве обнаруживаются только продукты разложения органических веществ на разных этапах этого процесса. [1, 13]

Согласно классическим представлениям В.В. Докучаева и П.А. Костычева, органическое вещество – важнейший качественный признак, который отличает почву от мертвой материнской породы. [1, 2] Гумусовый слой почв планеты нередко называют особой энерге-

тической оболочкой — гумусосферой. [5] Энергия, накапливаемая в этом слое, — основа существования и эволюции жизни на Земле.

Органическое вещество почвы — мощный геохимический аккумулятор углерода и во многом определяет параметры круговорота этого элемента в природе. Одна из важнейших экологически обусловленных задач современности — депонирование углерода атмосферы в биомассе наземных экосистем и длительная его консервация.

В составе органического вещества сосредоточено около 90% азота почвы, значительное количество макро-, мезо- и микроэлементов. Поэтому в экстенсивных системах земледелия, которые характеризуются низким уровнем использования минеральных удобрений, от величины данного параметра во многом зависит пищевой режим почв. В пахотном слое черноземов Белгородской области содержание органического вещества тесно коррелирует ($R=0,95$) с концентрацией легкогидролизуемого азота. [8]

От уровня содержания органических веществ зависят такие параметры почвы, как цвет и альbedo, температура, влагоемкость, структура, температура, емкость катионного обмена (ЕКО). При высоком уровне содержания органического вещества в почвах снижаются миграционные потери элементов питания и подвижность тяжелых металлов, увеличивается микробиологическая активность, усиливается детоксикация остаточного количества пестицидов.

Дегумификация пахотных почв — одна из самых острых и масштабных экологических проблем земледелия. Низкое содержание органического вещества имеют 52% пахотных почв. [11, 14]

Реализация мероприятий, направленных на повышение содержания органического вещества, — важная задача современного земледелия, способствующая повышению качества почв и продуктивности агроценозов.

Цель работы — обобщить и проанализировать результаты внедрения элементов биологизации земледелия на содержание органического вещества в почвах пашни.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Белгородской области, территория которой включает лесостепную и степную природные зоны. Черноземы типичные и выщелоченные преобладают в лесостепной зоне, обыкновенные — в степной. Доля эродированной пашни составляет 47,9%. [9]

Климат зоны — умеренно континентальный. Величина гидротермического коэффициента (ГТК) по Селянинову изменяется от 0,9 на юго-востоке до 1,2 на западе области.

В качестве объекта фонового мониторинга был выбран незатронутый хозяйственной деятельностью (целинный) участок — Ямская степь государственного заповедника Белогорье, расположенный на севере лесостепной зоны в муниципальном образовании (МО) «Губкинский городской округ».

В статье использованы материалы 9 цикла (2010–2014 годы), 10 (2015–2018) и 11 (2019–2022) сплошного агрохимического обследования пахотных почв, проводимого центром агрохимической службы

«Белгородский». В течение каждого цикла обследовали всю площадь пашни области и анализировали около 70 тыс. проб. В почвенных пробах, отбираемых из пахотного слоя с элементарных участков площадью 15...20 га, определяли содержание органического вещества по методу Тюрина (ГОСТ 26213–2021). [10]

Математическую обработку данных проводили автоматически с помощью программного комплекса ГИС «Агроэколог Онлайн». [15, 16] В работе рассмотрены опубликованные материалы Федеральной службы государственной статистики. [12]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание органического вещества в целинных почвах обусловлено особенностями почвообразовательного процесса. Черноземные почвы на территории области сформировались под травянистой растительностью в послеледниковое время — 9...12 тыс. лет назад. В верхнем слое гумусово-аккумулятивного горизонта фоновых черноземов выщелоченных и типичных содержится 9,7 и 10,1% органического вещества соответственно. [5] Наиболее интенсивно дегумификация происходит в течение первого десятилетия после распашки целинных почв, при этом потери органического вещества могут достигать 30% исходного содержания. Впоследствии его содержание стабилизируется. [8, 11]

В результате длительного сельскохозяйственного использования количество органического вещества в пахотном слое несмытых черноземов выщелоченных и типичных на территории МО «Губкинский городской округ», прилегающей к заповедному участку Ямская степь, снизилось до 5,84...5,86%. Пахотные черноземы потеряли 39,8...42,0% органического вещества от исходного в целинных аналогах. Слабосмытые черноземы выщелоченные и типичные в зависимости от экспозиции склона содержат 4,92...5,18% органического вещества. Существенных различий по данному показателю между подтипами черноземов не установлено. По сравнению с несмытыми целинными аналогами, в слабосмытых черноземах он ниже на 48,4...49,9% (табл. 1). Наблюдается тенденция роста показателя в почвах

Таблица 1.
Содержание органического вещества в пахотном слое
черноземов типичных и выщелоченных
МО «Губкинский городской округ»

Степень смытости	Экспозиция	$\bar{x} \pm t05s\bar{x}$	lim	V, %	n
Чернозем выщелоченный					
Несмытые	плакор	$5,84 \pm 0,10$	5,1...6,8	7,1	65
Слабосмытые	западная, восточная	$5,00 \pm 0,37$	3,7...6,5	15,0	17
Слабосмытые	южная	$4,92 \pm 0,27$	3,6...6,4	11,3	23
Слабосмытые	северная	$5,10 \pm 0,32$	3,5...6,7	13,2	26
Чернозем типичный					
Несмытые	плакор	$5,86 \pm 0,11$	5,1...6,8	7,3	69
Слабосмытые	западная, восточная	$5,02 \pm 0,31$	3,7...6,0	12,1	17
Слабосмытые	южная	$4,97 \pm 0,24$	2,7...5,9	14,4	36
Слабосмытые	северная	$5,18 \pm 0,16$	3,4...6,4	10,9	52

холодных (северные) склонов, по сравнению с нейтральными (западные, восточные) и особенно теплыми (южные).

В 2011 году правительством Белгородской области был взят курс на биологизацию земледелия, основная цель которой — создание условий для самовосстановления почв за счет биологических факторов и увеличения продуктивности агроценозов как минимум в полтора раза. [7]

В связи с тем, что землепользователи осуществляют хозяйственную деятельность в неодинаковых почвенно-климатических условиях, имеют разную специализацию и материально-технические возможности, для них разрабатываются проекты адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв (АЛСЗ), содержащие конкретные планы мероприятий по биологизации, в том числе формированию бездефицитного баланса органического вещества почв. [4]

Структура, срок действия, механизм согласования и реализации этого важного природоохранного документа были регламентированы постановлением губернатора Белгородской области № 9 от 4 февраля 2014 года «Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв». Вопросы регулируются постановлением Правительства Белгородской области от 25 апреля 2022 года № 249-пп «Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв».

Белгородская область располагает развитым животноводством и большими ресурсами органических удобрений, которые необходимо экономически выгодно и экологически безопасно использовать для повышения плодородия почв. В зернопропашных севооборотах Центрального Черноземья дозы внесения подстилочного навоза крупного рогатого скота (КРС) для формирования бездефицитного баланса органического вещества почв находятся в пределах от 6 до 8 т/га севооборотной площади. В зернотравяных и травяно-зерновых севооборотах с долей многолетних трав более 40% положительный баланс органического вещества формируется на основе поступления большого количества растительных остатков, сокращения минерализации и смыва почвы. [8]

В 2010–2014 годах в среднем на гектар общей посевной площади вносили 4,8 т органических удобрений, 2015–2018 — 8,1, 2019–2022 — 9,6 т. [16] Из каждой тонны подстилочного навоза КРС в почве образуется 36...60 кг органического вещества. [3] Площадь посева многолетних трав в 2010–2022 годах — 79,2...95,8 тыс. га, площадь травяно-зерновых севооборотов, в которых накопление органического вещества почвы возможно без использования органических удобрений, по нашим оценкам, составляла 198...240 тыс. га.

По уровню использования органических удобрений Белгородская область — лидер в России. [8] Однако в связи с тем, что их технически сложно и экономически невыгодно вносить на поля, удаленные от места размещения животноводческих комплексов, правительством области была реализована программа софинансирования затрат на возделывание сидеральных культур. Пожнивные сидераты — посевы горчицы белой и редьки масличной. По содержанию органического вещества 1 т биомассы крестоцветных сидератов приравнивается к 0,7 т навоза КРС. [3] До

Таблица 2.
Динамика площади посева основных сельскохозяйственных культур, сидератов и чистых паров, тыс. га

Культура	Годы		
	2010–2014	2015–2018	2019–2022
Общая посевная площадь	1376,0	1428,5	1440,4
Чистые пары	128,6	64,7	47,1
Сидеральные культуры	124	303	317
Озимая пшеница	272,5	361,3	397,5
Яровой ячмень	231,0	173,1	107,9
Подсолнечник	170,3	139,8	165,9
Кукуруза на зерно	132,9	145,6	123,8
Соя	105,4	208,6	282,8
Многолетние травы	81,3	95,8	79,2
Сахарная свекла	92,0	71,0	54,7

реализации программы биологизации земледелия посевы сидератов в области практически не применяли (табл. 2). В 2010–2014 годах их высевали на площади 124 тыс. га/год, 2015–2018 — 303, 2019–2022 — 317 тыс. га/год (22 % общей посевной площади).

Важное значение для восполнения запасов почвенного органического вещества имеет побочная продукция сельскохозяйственных культур, оставляемая на полях после уборки урожая. В Белгородской области на протяжении последних десятилетий предпринимали жесткие административные меры, направленные на недопущение сжигания соломы. По содержанию органического вещества 1 т соломы приравнивается к 3,6 т навоза КРС. [3] По уравнениям регрессии мы рассчитали выход побочной продукции в зависимости от урожайности основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Белгородской области (табл. 3). В 2019–2022 годах, по сравнению с 2010–2014, поступление побочной продукции озимой пшеницы увели-

Таблица 3.
Динамика урожайности и выхода побочной продукции сельскохозяйственных культур, т/га

Культура	Годы				отклонение 2019–2022 к 2010–2014
	2010–2014	2015–2018	2019–2022		
				т/га	%
Урожайность основной продукции					
Пшеница озимая	3,54	4,50	5,09	1,55	43,8
Ячмень яровой	2,72	3,46	3,82	1,10	40,4
Кукуруза на зерно	4,97	6,65	7,15	2,18	43,9
Подсолнечник	2,10	2,66	3,00	0,90	42,9
Соя	1,60	2,13	2,07	0,47	29,4
Сахарная свекла	36,8	44,1	45,6	8,80	23,9
Выход побочной продукции					
Пшеница озимая	5,42	6,19	6,66	1,24	22,9
Ячмень яровой	3,17	3,83	4,16	0,99	31,2
Кукуруза на зерно	7,71	9,73	10,3	2,59	33,6
Подсолнечник	4,31	5,32	5,93	1,62	37,6
Соя	1,60	2,13	2,07	0,47	29,4
Сахарная свекла	4,68	5,41	5,56	0,88	18,8

чилось на 1,24 т/га сухого вещества (22,9%), ячменя — 0,99 (31,2), кукурузы — 2,59 (33,6), сои — 0,47 (29,4), сахарной свеклы — 0,88 т/га (18,8%).

За годы реализации программы биологизации в области существенно сократилась площадь чистых паров (со 128,6 тыс. га в 2010–2014 годах до 47,1 тыс. га в 2019–2022) и увеличилась общая посевная площадь. Размер потерь органического вещества почв под чистыми парами в результате некомпенсированной минерализации оценивается в 3 т/га (0,02 % запасов). По нашему мнению, наличие чистых паров, особенно в лесостепной зоне ЦЧР, противоречит принципам биологизации земледелия.

Размеры минерализации органического вещества снижаются при переходе от традиционной вспашки к минимальным способам обработки почвы, в том числе технологии прямого сева. В Белгородской области прямой посев проводят на 24% всей посевной площади и, в первую очередь, в звене севооборота соя-озимая пшеница.

В последние годы проявлен большой интерес к внедрению системы no-till (полный отказ от обработок почвы в севообороте). Ее применяют на 12% общей посевной площади. [5] Например, в ООО «Мясные Фермы — Искра» при многолетнем использовании системы no-till без внесения органических удобрений содержание органического вещества в почвах увеличилось с 2018 по 2022 годы в среднем на 0,14%.

Самая масштабная экологическая проблема в земледелии Белгородской области — развитие водной эрозии почв. По МО доля эродированных пахотных почв — 23...66%, величина ежегодных потерь органического вещества со смытой почвой — 0,16...0,28 т/га. [11]

Поэтому в проектах АЛСЗ особое внимание уделяют разработке комплекса противоэрозионных мероприятий и дифференцированному размещению севооборотов различной специализации по элементам ландшафта в зависимости от степени проявления эрозионных процессов. На большей части слабосмытых и всей площади средне- и сильносмытых почв размещают почвозащитные севообороты с высокой долей многолетних трав. Сильносмытые почвы с выходом на поверхность меловых пород часто отводят под постоянное залужение или облесение. Популярна в области практика залужения крупных водотоков.

Освоение проектов АЛСЗ привело к резкому увеличению объемов лесомелиоративных работ, созданию водорегулирующих, прибалочных и приовражных лесополос. В среднем за 2013–2021 годы лесомелиоративные мероприятия ежегодно проводили на площади 6,7 тыс. га. На склоновых землях используют различные агротехнические приемы, направленные на сокращение смыва почвы.

В результате осуществления мероприятий по регулированию режима органического вещества средневзвешенная величина данного параметра в пахотных почвах возросла с 5,0 (2010–2014) до 5,3% (2019–2022). Увеличение содержания органического вещества на 0,3% соответствует росту его запасов в пахотном слое массой 3 тыс. т/га на 9 т/га, в которых депонируется 5,2 т/га углерода, что эквивалентно 19 углеродным единицам (19 т CO₂). За период исследований их на-

Таблица 4.
Динамика обеспеченности пахотных почв органическим веществом, % обследованной площади

Показатель	Цикл/годы		
	9 2010–2014	10 2015–2018	11 2019–2022
Средневзвешенное содержание, %	5,0	5,2	5,3
очень низкое (<2,0%)	0,4	0,4	0,1
низкое (2,1...4,0%)	14,5	13,1	10,9
среднее (4,1...6,0%)	77,0	70,6	68,9
повышенное (6,1...8,0%)	8,1	15,9	20,0

копление на всей площади пашни области составило около 28,26 млн ед. (общая рыночная стоимость — 28,26 млрд руб.).

В 2019–2022 годах доля почв с повышенным содержанием органического вещества (6,1...8,0%) возросла до 20,0%, с низким (2,1...4,0%) — сократилась до 10,9%. Преобладающие (68,9%) — пахотные почвы с его количеством в пределах 4,1...6,0% (табл. 4). Средневзвешенное содержание органического вещества в почвах МО — 4,07 (Грайворонский район) ... 6,03% (Прохоровский), в зависимости от условий почвообразования.

В Центральном Черноземье наиболее высокое его средневзвешенное содержание характерно для пахотных почв Тамбовской области (6,5%), в ее южной части («Мордовский район») — 7,3%. Самое низкое содержание органического вещества установлено в почвах пашни Курской области (4,7%), в ее западной части («Хомутовский район») — 3,3%. Отмеченные различия обусловлены особенностями почвообразовательного процесса. [8]

Выводы. Несмытые пахотные черноземы типичные и выщелоченные в результате длительного сельскохозяйственного использования потеряли 39,8...42,0% органического вещества, по сравнению с целинными аналогами. В 2019–2022 годах уровень внесения органических удобрений был в два раза больше, чем в 2010–2014 и достиг 9,6 т/га, площадь посева сидеральных культур выросла в 2,56 раза (до 317 тыс. га/год). За эти же годы в связи с ростом урожайности сельскохозяйственных культур выход побочной продукции увеличился на 18,8...37,6% (2,07...10,3 т/га). Площадь чистых паров сократилась в 2,73 раза до 47,1 тыс. га/год. В области внедряются минимальные технологии обработки почвы, в том числе no-till, и реализуются комплексные противоэрозионные мероприятия. В 2019–2022 годах средневзвешенное содержание органического вещества в пахотном слое почв увеличилось на 0,3% (до 5,3%), запасы — на 9 т/га (до 159 т/га). На каждом гектаре посевной площади в среднем накопилось 19 углеродных единиц рыночной стоимостью 19 тыс. руб. Доля почв, содержащих органическое вещество в пределах 6,1...8,0%, возросла до 20,0%, 2,1...4,0% — уменьшилась до 10,9%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дергачева М.И. Традиции и новаторство в Учении о гумусе почв // Почвы и окружающая среда. 2021. Т. 4. № 4. 172 с. <https://doi.org/10.31251/pos.v4i4.172>
2. Докучаев В.В. Русский чернозем. М.: «Книга по Требованию», 2012. 559 с.
3. Иванов А.Л. и др. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: инструктивно-методическое издание. М.: «Росинформагротех», 2010. 464 с.
4. Кирюшин В.И. Методология землепользования и землеустройства на ландшафтно-экологической основе, СПб.: ООО «Квадро», 2024. 336 с.
5. Лукин С.В., Соловichenko В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 8. С. 15–17. EDN JWVMAP.
6. Почвы. Термины и определения. ГОСТ 27593-88. М.: Стандартинформ, 2006. 11 с.
7. Савченко Е.С. Выступление Губернатора Белгородской области, члена-корреспондента РАН Е.С. Савченко // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 525–526. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895525-526>
8. Семёнов В.М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 223 с.
9. Соловichenko В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород: Отчий дом, 2005. 292 с.
10. Сычёв В.Г., Аристархов А.Н., Володарская И.В. и др. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: МСХ, 2003. 195 с.
11. Чекмарёв П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. // Агрохимический вестник. 2012. № 1. С. 2–4.
12. Электронный ресурс. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (дата обращения 24.04.2023).
13. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter. Nature. 2015. Vol. 528. p. 60–68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
14. Lukin S.V. Dynamics of Agroecological State of Soils in the Belgorod Region during Long-Term Agricultural Use // Eurasian Soil Science. 2023. Vol. 56. No. 12. P. 1986–1998. <https://doi.org/10.1134/s1064229323602123>
15. Malysheva E.S. Application of geoinformation systems for a complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring of soils, Bio web of conferences: International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021), EDP Sciences, Tyumen, 19–20 July (2021), 36, 03016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603016>
16. Malysheva E.S., Malyshev A.V., Kostin I.G. Complex Analysis of Data from Agrochemical and Soil-Erosion Monitoring Using Geoinformation Systems // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 июня 2021 года. Ussurijsk. P. 032070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/3/032070>

REFERENCES

1. Dergacheva M.I. Tradicii i novatorstvo v Uchenii o gumuse pochv // Pochvy i okruzhayushchaya sreda. 2021. T. 4. № 4. 172 s. <https://doi.org/10.31251/pos.v4i4.172>
2. Dokuchaev V.V. Russkij chernozem. M.: «Kniga po Trebovaniyu», 2012. 559 s.
3. Ivanov A.L. i dr. Rekomendacii po proektirovaniyu integrirovannogo primeneniya sredstv himizacii v resursosberegayushchih tekhnologiyah adaptivno-landshaftnogo zemledeliya: instruktivno-metodicheskoe izdanie. M.: «Rosinformagrotekh», 2010. 464 s.
4. Kiryushin V.I. Metodologiya zemlepol'zovaniya i zemleustrojstva na landshaftno-ekologicheskoy osnove, Spb.: ООО «Kvadro», 2024. 336 s.
5. Lukin C.B., Solovichenko V.D. Rezul'taty monitoringa plodorodiya pochv gosudarstvennogo zapovednika «Belogor'e» // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2008. № 8. S. 15–17. EDN: JWVMAP.
6. Pochvy. Terminy i opredeleniya. GOST 27593-88. M.: Standartinform, 2006. 11 s.
7. Savchenko E.S. Vystuplenie Gubernatora Belgorodskoj oblasti, chlena-korrespondenta RAN E.S. Savchenko // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2019. T. 89. № 5. S. 525–526. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895525-526>
8. Semyonov V.M., Kogut B. M. Pochvennoe organicheskoe veshchestvo. M.: GEOS, 2015. 223 s.
9. Solovichenko V.D. Plodorodie i racional'noe ispol'zovanie pochv Belgorodskoj oblasti. Belgorod: Otchij dom, 2005. 292 s.
10. Sychyov V.G., Aristarhov A.N., Volodarskaya I.V. i dr. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya. M.: MSH, 2003. 195 s.
11. Chekmaryov P.A. Sostoyanie plodorodiya pochv i meropriyatiya po ego povysheniyu v 2012 g. // Agrohimičeskij vestnik. 2012. № 1. S. 2–4.
12. Elektronnij resurs. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (data obrashcheniya 24.04.2023).
13. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter. Nature. 2015. Vol. 528. p. 60–68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
14. Lukin S.V. Dynamics of Agroecological State of Soils in the Belgorod Region during Long-Term Agricultural Use // Eurasian Soil Science. 2023. Vol. 56. No. 12. P. 1986–1998. <https://doi.org/10.1134/s1064229323602123>
15. Malysheva E.S. Application of geoinformation systems for a complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring of soils, Bio web of conferences: International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021), EDP Sciences, Tyumen, 19–20 July (2021), 36, 03016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603016>
16. Malysheva E.S., Malyshev A.V., Kostin I.G. Complex Analysis of Data from Agrochemical and Soil-Erosion Monitoring Using Geoinformation Systems // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 июня 2021 года. Ussurijsk. P. 032070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/3/032070>

Поступила в редакцию 28.05.2024

Принята к публикации 11.06.2024

ДЕЙСТВИЕ ПРИЕМОВ И СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ДИНАМИКУ ГУМУСА В ОСУШАЕМОЙ ПОЧВЕ

Юрий Иванович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. *Опыты проводили на полях Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (Тверская область). Цель работы — изучить влияние приемов и систем обработки на динамику гумуса в осушаемой почве. Почвы — окультуренные дерново-подзолистые легкосуглинистые глееватые, сформировавшиеся на морене или маломощном двучлене. В севооборотах изучали приемы минимизации и углубления пахотного слоя (вспашка и безотвальное рыхление на 28–32 см, трехъярусная вспашка на 40–45 см), приемы агромелиорации (рыхление на 50–60 см, объемное щелевание на 45–50 см, гребнистая вспашка на 20–22 см), системы агромелиоративной и разноглубинной обработки почвы. Установлено, что приемы и системы обработки почвы — важный фактор, влияющий на скорость и направленность изменений содержания гумуса. Их действие зависит от способа, глубины и частоты обработки почвы в севообороте. Положительные результаты по динамике гумуса получены при гребневой, комбинированной и минимальной системах с объемным щелеванием. По сравнению с традиционной, при гребневой технологии обработки почвы содержание гумуса в пахотном слое за семь лет увеличилось на 0,23%, комбинированной — 0,37, минимальной — 0,46%. На закарбонированной морене положительные изменения в динамике гумуса наблюдали при вспашке плугом с вырезными корпусами и мелиоративном рыхлении. Мелиоративное рыхление вызвало дополнительные трудности в формировании бездефицитного баланса органического вещества. Такая обработка должна сопровождаться известкованием и увеличением норм внесения органических удобрений в расчете на 1 га севооборотной площади, по сравнению с рекомендуемыми.*

Ключевые слова: осушаемая почва, система обработки, мелиоративное рыхление, объемное щелевание, углубление пахотного слоя, гребнистая вспашка, минимизация, гумус, урожайность

INFLUENCE OF PRIMARY SOIL CULTIVATION METHODS AND SYSTEMS ON THE DYNAMICS OF HUMUS IN DRAINED SOIL

Yu.I. Mitrofanov, PhD in Agricultural Sciences
FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. *The research was carried out on the experimental fields of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (Tver Region). The purpose of the research is to study the influence of soil cultivation techniques and systems on the dynamics of humus in drained soil. The soils of the experimental plots are cultivated sod-podzolic, light loamy, gleyic, formed on a moraine or thin binomial. In 5 experiments in crop rotations, methods of minimizing and deepening the arable layer were studied (plowing and moldless loosening at 28–32 cm, three-tier plowing at 40–45 cm), agro-reclamation methods (reclamation loosening at 50–60 cm, volumetric slitting at a depth of 45–50 cm, ridge plowing at 20–22 cm), agro-reclamation and mixed-depth soil cultivation systems. It has been established that soil cultivation techniques and systems are an important factor influencing the speed and direction of changes in humus content in the soil. Their influence was determined, first of all, by the method, depth and frequency of tillage in crop rotation. Positive results on the dynamics of humus were obtained with ridge, combined and minimal tillage systems with volumetric slicing of the soil. Compared with traditional ridge tillage technology, the humus content in the arable layer increased by 0.23% over 7 years, with combined tillage — by 0.37 and minimum — by 0.46%. In soils on carbonated moraine, positive changes in the dynamics of humus were observed when plowing with a plow with cut-out bodies and during reclamation loosening of the soil. In conditions of complex soil cover, on soils formed on thin soil and moraine, the use of reclamation loosening caused additional difficulties in the formation of a deficit-free balance of organic matter. Reclamation loosening of such soils should be accompanied by liming and an increase in the application rates of organic fertilizers per hectare of crop rotation area, compared to the recommended ones.*

Keywords: drained soil, cultivation system, reclamation loosening, volumetric slitting, deepening of the topsoil, ridge plowing, minimization, humus, productivity

Обработка почвы во-многом определяет современный уровень экономической, экологической и технологической эффективности земледелия. [5, 7, 11] В ее задачи входит повышение плодородия почв, регулирование их водно-воздушного режима, устранение избыточного увлажнения, накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги, создание благоприятных условий для своевременного посева культур. [9, 10] Важный аспект — улучшение фитосанитарного состояния полей: уменьшение засоренности посевов и пахотного слоя почвы семенами и вегетативными органами сорных растений; подавление

болезней и вредителей сельскохозяйственных культур; повышение эффективности органических и минеральных удобрений. [1, 12] Адаптивно организованная система обработки почвы должна соответствовать почвенно-климатическим условиям и зональным особенностям основных типов ландшафтов, способствовать устранению факторов, лимитирующих уровень продуктивности сельскохозяйственных культур. [4] На осушаемых землях важную роль в таких системах выполняют агромелиоративные приемы (АП). Их применение направлено на усиление осушающего действия дренажа, устранение причин, вызывающих нарушение

водно-воздушного режима из-за избыточного увлажнения, улучшение температурного режима почвы, влагообеспеченности растений в засушливые периоды. [3, 13, 15] Агроэкологическая эффективность приемов и систем обработки почвы тесно связана с проблемой сохранения почвенного плодородия (содержание гумуса). [2, 14]

На осушаемых землях основной прием традиционной системы обработки — обычная вспашка, в полевых севооборотах рекомендуется отвальная система с элементами безотвальной и мелкой обработки почвы. [5] Из АП наибольшего внимания, как показали наши исследования, заслуживают гребнистая вспашка в системе зяблевой подготовки почвы под ранние яровые культуры, глубокое мелиоративное рыхление (МР), шелевание, комбинированные ресурсосберегающие системы в севооборотах с агро-мелиоративными приемами. [6, 8] Они вносят изменения в динамику агрофизических, агрохимических и биологических процессов в почве, оказывают влияние на скорость и направленность трансформации органического вещества.

Цель работы — изучить влияние отдельных приемов и систем обработки на динамику гумуса в полевых севооборотах на осушаемой почве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Тверской области на трех объектах мелиорации (Терехово, Кузьминское болото-2, Губино). В пяти полевых опытах изучали приемы углубления пахотного слоя и минимизации обработки почвы, агро-мелиорации (мелиоративное рыхление и шелевание), системы агро-мелиоративной и разноглубинной обработки в севооборотах. Характеристика пахотного слоя опытных участков приведена в таблице 1.

В первом опыте рассмотрено четыре способа основной обработки: вспашка на 20...22 см (контроль); вспашка плугом с почвоуглубительными вырезными корпусами на 30...32 см; безотвальное рыхление, 30...32 см; дискование, 8...10 см. Для каждого варианта был развернут плодосменный севооборот: однолетние травы, озимая рожь, картофель, ячмень.

Во втором сравнивали системы разноглубинной обработки почвы (10 вариантов), смоделированные с участием приемов углубления корнеобитаемого слоя и четырех глубин: 10...12, 20...22, 28...32 и 40...45 см. Глубину обработки почвы увеличивали под первую культуру севооборота с рыхлением подпахотного слоя без активного примешивания его к пахотному, путем разовой припашки 8 см подпахотного слоя с двойным оборотом пласта и внесением органических удобрений в вовлеченный в обработку слой почвы и специальной трехъярусной вспашки (40...45 см) со сменой местами подзолистого и иллювиального горизонтов. Рыхление подпахотного слоя на глубину 30...32 см осуществляли плугом с вырезными корпусами, мелкую обработку — лемешным лушпильником, среднюю и глубокую вспашку — обычным плугом ПН-3-35 и трехъярусным — ПТН-40.

Опыты с МР (третий и четвертый) проводили на двух объектах мелиорации с разными почвами. Способ мелиоративного рыхления полосной (ленточный) на глубину 50...60 см, шаг — 140 см. В третьем опыте МР изучали в прямом действии и последствии на второй-шестой годы после его проведения в паровом поле севооборота, в четвертом — один раз в два-три года под однолетние травы (мелиоративно-паровое поле), картофель, ячмень. Исследования в опытах два-четыре осуществляли в полевых плодосменных севооборотах.

В пятом опыте изучали объемное шелевание и системы основной агро-мелиоративной обработки почвы: традиционная (отвальная), гребневая, комбинированная, традиционная с шелеванием, минимальная с шелеванием. Объемное шелевание проходило поперек расположения дрен специально разработанным орудием, позволяющим формировать щели шириной 16 см и заполнять нижнюю их часть стерней и измельченной соломой озимой ржи в смеси с гумусовым слоем (патенты на устройства для объемного шелевания: № 132302 от 20.09.2013 г. и № 153090 от 08.06.2015 г.). Глубина шелевания — 45...50 см, шаг — 140 см. Для гребнистой вспашки был переоборудован четырехкорпусный навесной плуг ПН-4-35. Ширина гребней в основании — 70 см, высота — 22...25 см. Шелевание изучали в прямом действии (2014–2015 годы)

Таблица 1.

Основные параметры пахотного слоя почвы опытных участков

№ опыта	Объект мелиорации, способ осушения, междреннее расстояние, год завершения строительства	Годы	Почва	Кф, м/сут.	Содержание гумуса, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	Насыщенность основаниями, %
						мг/100 г почвы			
1	Терехово, закрытый дренаж, r = 20 м, 1967	1968–1976	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, глееватая на морене	0,18	1,6...2,0	12,0...15,0	15,0	5,8...6,3	–
2	Кузьминское болото-2, закрытый дренаж, r = 20 м, 1972	1978–1986	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на закарбонатной морене	0,89	1,80...1,95	12,1...17,4	11,0...13,4	5,7...6,5	92,0
3	Губино, закрытый дренаж, r = 20 м, 1982–1984	1978–1986	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на малоомощном двучлене и морене	0,43...0,46	2,31...2,41	14,2...14,8	5,5...6,0	6,6...6,9	96,5
4	Терехово, закрытый дренаж, r = 20 м, 1967	1984–1994	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на малоомощном двучлене и морене	0,26...0,38	2,25	15,2...18,4	5,8...8,5	5,5...6,5	92,0...95,0
5	Кузьминское болото-2, закрытый дренаж, r = 20 м, 1972	2014–2022	дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая на малоомощном двучлене и морене		2,75	22,4	10,4	5,7	

Примечание. Глубина заложения дрен — 0,9...1,1 м; мощность гумусового слоя в опытах 1...4 — 20...22 см, 5 — 25...27 см; содержание гумуса в подпахотном слое: в опыте 1 (20...30 см) — 1,21%, в слое 20...40 см: 2 — 0,57...0,70%, 3 — 0,57...0,58, 4 — 0,39...0,72, 5 — 1,20%.

и последствии на второй-восьмой год после проведения (2016–2022). Исследования вели в звеньях севооборотов: рапс яровой – овес (2015–2018) и овес с подсевом трав – многолетние травы первого-третьего года пользования (2019–2022).

Органическое вещество в почву поступало в виде удобрений, соломы, растительных остатков от выращиваемых культур (многолетние травы). В опытах 1...4 органические удобрения (торфоновозный компост) вносили из расчета 10...15 т/га севооборотной площади (в паровом поле и под картофель), минеральные – 215...240 кг/га в действующем веществе. В пятом опыте применяли только минеральные удобрения ($N_{50-60}P_{50-60}K_{50-60}$), позволяющие получать 3...4 т/га зерна.

Повторность – трех-четырекратная. Варианты размещали перпендикулярно дренам. Учет урожая проводили сноповым и сплошным способом уборки, площадь деланки – 50...80 м². Агротехника культур общепринятая, за исключением изучаемых приемов и систем обработки почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено положительное влияние приемов углубления пахотного слоя, минимизации и агромелиорации на агрофизическое состояние почв, плотность сложения пахотного и подпахотного слоев, водопроницаемость, влагообеспеченность растений, состояние посевов и их продуктивность. Наиболее отзывчивые на углубление корнеобитаемого слоя почвы – озимые зерновые культуры в паровом звене севооборота. Однолетние бобово-злаковые травы, картофель, овес и ячмень практически не реагировали на глубокую обработку почвы. Лучшие результаты по урожайности были получены в вариантах вспашки плугом с вырезными корпусами (ВК) на глубину 30...32 см и трехъярусной – 40...45 см.

Мелиоративное рыхление, в среднем по двум опытам, повышало урожайность однолетних трав на 13,7%, зерновых культур – 11,3...15,5, картофеля – 15,6, многолетних трав – 12,0%. Объемное щелевание почвы, в среднем за пять лет, повысило урожайность овса на 0,46...0,60 т/га (13,7...20,0%). Его устойчивый прирост был получен при гребневой системе обработки почвы (без щелевания), прибавка составила 0,36 т/га (12,0%). При совместном действии щелевания и гребнистой вспашки урожайность овса, по сравнению с контролем, увеличилась на 0,82 т/га (27,3%). Долевое участие щелевания в суммарной пятилетней прибавке урожая – 73,2%, гребнистой вспашки – 26,8%.

В отличие от глубоких обработок, длительная мелкая приводила к расслоению пахотного слоя по агрофизическим критериям, ухудшению водно-воздушного режима в корнеобитаемом слое почвы, снижению водопроницаемости почвы, увеличению засоренности посевов и уменьшению их продуктивности. Кратковременная замена вспашки поверхностной обработкой или безотвальным рыхлением возможна и экономически оправдана в звене севооборота горохо-овсяная смесь – озимая рожь, только под одну из этих культур.

Во всех проведенных опытах общий баланс гумуса в севооборотах был положительным. Влияние обработки почвы на его динамику определяли спо-

собами и глубиной, интенсивностью воздействия на агрофизическое состояние пахотного и подпахотного слоев.

В первых двух опытах наиболее существенная трансформация в балансе гумуса была связана с увеличением обрабатываемого слоя, приемами обработки почвы, вызывающими перераспределение гумуса между пахотным и подпахотным слоями почвы при их частичном механическом перемешивании. При этом глубокие обработки снижали содержание гумуса в пахотном слое и повышали его в подпахотном. В первом опыте, при общем положительном балансе гумуса в севообороте, максимальное его увеличение в пахотном слое за семь лет произошло в контроле – на 0,64% (до 2,44%) и с дискованием – 0,58 (до 2,38), наименьшее – при вспашке плугом с ВК – 0,24 (до 2,04) и безотвальным рыхлением – 0,36% (до 2,16%). По окончании опыта в вариантах с глубокой обработкой содержание гумуса в пахотном слое было меньше контроля на 0,28...0,40%, а в слое 20...30 см, наоборот, на 0,39...0,77% больше. Длительная вспашка плугом с ВК привела к созданию практически гомогенного по содержанию гумуса тридцатисантиметрового обрабатываемого слоя. При безотвальном рыхлении изменения были менее значительными. Мелкая обработка почвы, при отсутствии оборота пласта и поверхностной заделке растительных остатков и органических удобрений, привела к расслоению пахотного слоя – увеличению содержания гумуса в слое 0...10 см до 2,63% и уменьшению в нижней – 1,18%. По общему содержанию гумуса в слое 0...30 см различия между вариантами обработки почвы были незначительными – в контроле 2,03%, при вспашке плугом с ВК – 2,02, с безотвальным рыхлением – 1,97, при мелкой обработке – 1,98%.

В опыте с разноглубинными системами обработки почвы наиболее существенную трансформацию баланса гумуса как в пахотном, так и подпахотном слоях почвы, также наблюдали в вариантах с углублением пахотного слоя. Динамика гумуса в слое 0...20 см по основным вариантам опыта приведена на рисунке 1.

После первых глубоких обработок (под однолетние травы) содержание гумуса в слое 0...20 см, вследствие перемешивания его с нижними горизонтами, упало с 1,81 до 1,35...1,55%, при вспашке плугом с ВК – 0,26, в варианте с двойным оборотом пласта – на 0,36 и при трехъярусной вспашке – на 0,46%. Далее по севообороту (после перестройки профиля почвы) более интенсивное накопление гумуса наблюдали в вариантах с глубокими обработками. К концу ротации севооборота (по отношению к однолетним травам) содержание гумуса в вариантах с трехъярусной вспашкой и плугом с ВК увеличилось на 0,62%, при вспашке на 28...30 см – на 0,50%, в контроле оно за этот период изменилось на 0,43%. Общий баланс гумуса в севообороте во всех вариантах опыта был положительным. За ротацию севооборота содержание гумуса, в зависимости от вариантов обработки почвы, по сравнению к исходному, увеличилось на 0,14...0,40%. При вспашке плугом с ВК в пахотном слое по окончании ротации севооборота оно составило 2,17%, с двойным оборотом пласта – 1,95, при трехъярусной – 1,97 и в контроле – 2,21%. Некоторое преимущество обычной вспашки связано с отсутствием механического перемешивания пахотного слоя с подпахотным. Накопление гумуса из-за более интенсивной гумификации органического

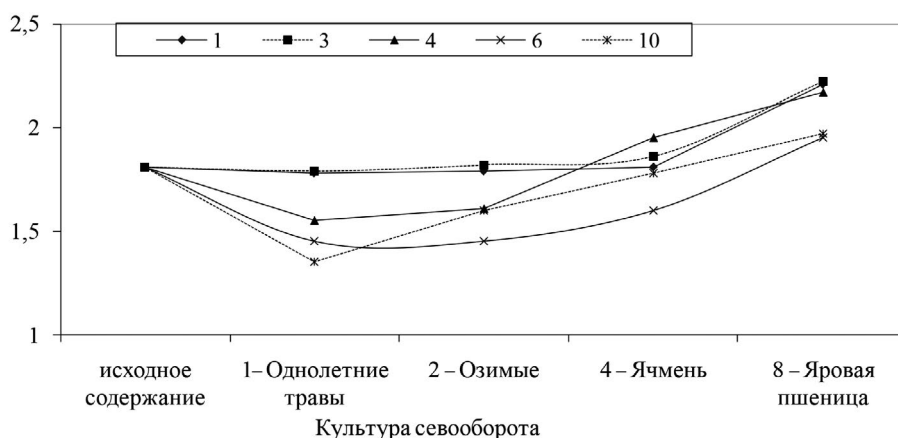


Рис. 1. Динамика гумуса (%) в полевом севообороте при разных системах обработки почвы, пахотный слой: 1 — традиционная (20...22 см) — контроль, 3 — разноглубинная (1, 7 — 20...22 см; 2, 3, 4, 8 — 10...12 см), 4 — глубокая плугом с ВК, 6 — глубокая, 28...30 см, 10 — традиционная с трехъярусной вспашкой под первую культуру севооборота.

вещества активнее протекало в вариантах с глубокими обработками.

В подпахотном слое при глубоких обработках содержание гумуса увеличилось из-за перемешивания слоев почвы на 0,11...0,30% к концу ротации, благодаря лучшей гумификации органического вещества — 0,78...0,82% (контроль — 0,41%).

Более объективное представление о влиянии приемов углубления пахотного слоя почвы на баланс гумуса дали наблюдения за его динамикой в слое 0...40 см, в том числе по количественным запасам. За ротацию севооборота содержание гумуса в нем по вариантам опыта выросло на 0,41...0,63% (22,6...33,9 т/га). Наиболее значительным это увеличение было со вспашкой плугом с ВК и трехъярусной вспашкой. За ротацию севооборота масса гумуса стала больше, по сравнению с контролем на 4,9...11,3 т/га (21,7...50,0%) (рис. 2).

Положительное влияние глубоких обработок на запасы гумуса объясняется увеличением продуктивности культур, количества растительных остатков, благоприятными агрофизическими условиями для гумификации. При этом радикальное изменение глубины пахотного слоя почвы методом разовой припашки значительной массы подпахотного, при двойном обороте пласта, не привело к росту запасов гумуса, по сравнению с контролем. Замена вспашки на 20...22 см лемешным лушением на 10...12 см изменяла динамику в лучшую сторону, но незначительно.

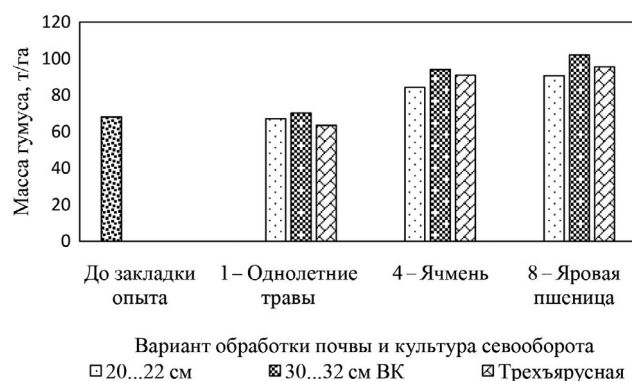


Рис. 2. Влияние севооборота и систем основной обработки на массу гумуса в почве, слой 0...40 см.

Таким образом, для сформированных на закарбоначенной морене почвах, вовлечение в обработку слабокультуренных подпахотных горизонтов их рыхлением без интенсивного разового примешивания к пахотному слою почвы, или смены местами почвенных горизонтов, можно рассматривать в качестве способов более активного накопления гумуса.

Из изучаемых приемов обработки наиболее интенсивное физическое воздействие на почву оказывало мелиоративное рыхление (МР). Свое положительное влияние на урожайность культур оно сохраняет более двух-трех лет. Баланс гумуса в севооборотах с МР в обоих опытах был положительным. Содержание гумуса в пахотном слое за восемь лет, по отношению к исходному состоянию, увеличилось на 0,94...1,16%. В вариантах с МР дополнительное накопление гумуса за ротацию севооборота, по сравнению с контролем, составило 0,14...0,22% (14,9...23,0% относительно прироста). Динамика гумуса в севообороте по вариантам приведена на рисунке 3.

Масса гумуса в пахотном слое при одноразовом проведении МР почвы выросла на 5,6 т/га. Положительные изменения в балансе гумуса связаны с увеличением количества растительных остатков, поступающих в почву, и благоприятными условиями для гумификации органического вещества (улучшение водно-воздушного режима). За шесть лет (без учета пласта трав) в варианте с МР в пахотный слой поступило 26,8 т/га растительных остатков, на 19,3% больше, по сравнению с контролем, после многолетних трав — 44,5%.

В подпахотном слое почвы баланс гумуса во всех вариантах опыта также был положительным, но изменения в его содержании были менее значительными, чем в пахотном. С одноразовым МР содержание гумуса за ротацию практически не увеличилось (+0,02%), в контроле — на 0,16% (4,8 т/га). В отличие от пахотного слоя, в подпахотном (вариант с МР) к концу ротации севооборота количество гумуса, по сравнению с контролем, уменьшилось на 2,4...3,6 т/га. Это объясняется частичным перемещением гуминовых веществ при МР в более глубокие слои почвы (40...60 см), затрагиваемые обработкой в процессе рыхления. Определение гумуса в слое 0...40 см показало, что в конце ротации севооборота (после многолетних трав) его запасы по вариантам опыта были близкими (кон-

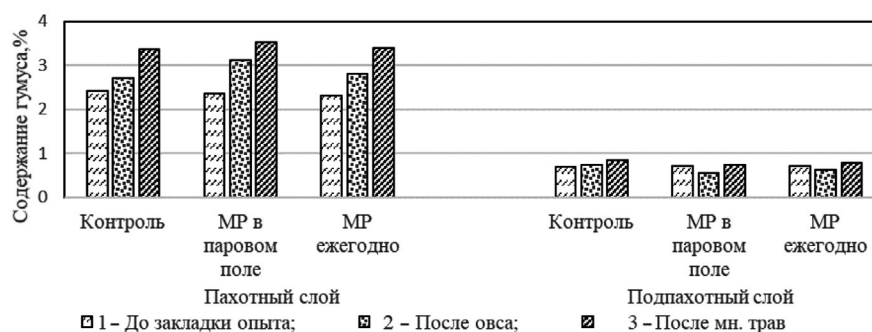


Рис. 3. Динамика гумуса в полевом севообороте с мелиоративным рыхлением почвы.

троль — 112,6 т/га, с одноразовым МР — 113,4, ежегодным МР — 111,2 т/га).

Во втором опыте, в условиях сложного почвенного покрова и интенсивного севооборота, мелиоративное рыхление делало баланс гумуса в пахотном слое более напряженным. За 10 лет исследований (после осушения) в контроле средневзвешенное по опытному участку содержание гумуса увеличилось на 0,12% (с 2,48 до 2,60), при мелиоративном рыхлении — 0,05 (с 2,90 до 2,95%). Наиболее значительные изменения при МР произошли в глеевой почве. При отрицательном балансе гумуса, снижение его содержания в контроле составило 0,23, при МР — 0,65%. В слабооглеенной почве баланс гумуса в обоих вариантах был положительным, но при мелиоративном рыхлении его количество увеличилось на 0,22, в контроле — 0,38%. В глееватой почве изменения были наименее значительными как во времени, так и по вариантам опыта (табл. 2). Установлено, что МР усиливает подкисление почвы и улучшает качественный состав гумуса. Соотношение свободных гуминовых и фульвокислот в пахотном слое увеличилось на 0,06...0,16 пункта: в слабооглеенной почве с 1,06 до 1,12, в глееватой с 0,74 до 0,86 и глеевой с 0,57 до 0,73. Наблюдается та же зависимость, что и у почвенных вариантов — улучшение водно-воздушного режима способствует росту количества гуминовых кислот и улучшению их соотношения с фульвокислотами.

Таким образом, в полевых плодосменных и зерно-травяных севооборотах с легкосуглинистыми глееватыми почвами на закарбонизированной морене, при положительном общем балансе органического вещества, применение МР способствует накоплению гумуса в пахотном слое почвы (0...20 см), усиливает напряженность в балансе органического вещества в подпахотном (20...40 см) и не вызывает негативных изменений в слое 0...40 см. В севооборотах на легкосуглинистых и супесчаных глееватых почвах, сформировавшихся на слабоомощных двучленах и морене, применение МР

может более интенсивно подкислять почву, усиливать напряженность в балансе органического вещества пахотного слоя.

С объемным щелеванием и осенним гребневанием почвы, в отличие от других опытов, баланс гумуса формировался без участия органических удобрений. В этих условиях в пахотном слое (0...20 см) при традиционной системе обработки почвы он был отрицательным — в контроле содержание гумуса за семь лет (2015–2022) снизилось на 0,16%, с щелеванием — 0,02%. В варианте с гребневой системой обработки почвы баланс гумуса был положительным (рис. 4). В слое 0...20 см его содержание повысилось на 0,07...0,12%, преимущество гребневой системы по пахотному слою, по отношению к традиционной, составило 0,23...0,28%. Более устойчивые изменения в содержании гумуса (0...20 см) отмечены с комбинированной (гребневание + щелевание) и минимальной (дискование + щелевание) системами основной обработки почвы. В первом случае содержание гумуса за семь лет увеличилось на 0,16...0,21, втором — 0,30...0,32%.

В слоях 0...40 и 20...40 см баланс гумуса был положительным во всех вариантах опыта. В подпахотном слое почвы содержание гумуса в контроле увеличилось на 0,67% (с 1,20 до 1,87%), 0...40 см — 0,25% (с 1,98 до 2,23%). При гребневой системе в подпахотном слое почвы изменения были аналогичными (рост на 0,70%). В слое 0...40 см содержание гумуса при гребневой системе из-за пахотного слоя выросло на 0,39...0,41%, это на 0,14...0,16% больше, чем в контроле.

Объемное щелевание также положительно повлияло на процесс накопления гумуса в почве. С щелеванием и обычной вспашкой гумуса в слое 0...20 см стало больше на 0,14...0,16%, в системе с гребневой — 0,04...0,14%. В слое 20...40 см объемное щелевание, в среднем по трем вариантам, в прямом действии (2014–2015 годы) увеличивало содержание гумуса на 0,38% (с 1,20 до 1,58), в последствии (2015–2022) — 0,50 (с 1,58 до 2,08%). По отношению к исходно-

Таблица 2.

Влияние мелиоративного рыхления на количественные и качественные параметры гумуса в осушаемой почве

№ опыта	Почва	Изменение в содержании гумуса за время проведения опыта, ±		Соотношение свободных гуминовых и фульвокислот в почве после окончания опыта		
		Вспашка на 20...22 см (контроль)	Вспашка на 20...22 см + рыхление на 50...60 см	Вспашка на 20...22 см (контроль)	Вспашка на 20...22 см + рыхление на 50...60 см	+ к контролю
1	Осушаемая слабооглеенная	+0,38	+0,22	1,06	1,12	+0,06
2	Осушаемая глееватая	+0,06	+0,05	0,74	0,86	+0,12
3	Осушаемая глеевая	–0,23	–0,65	0,57	0,73	+0,16

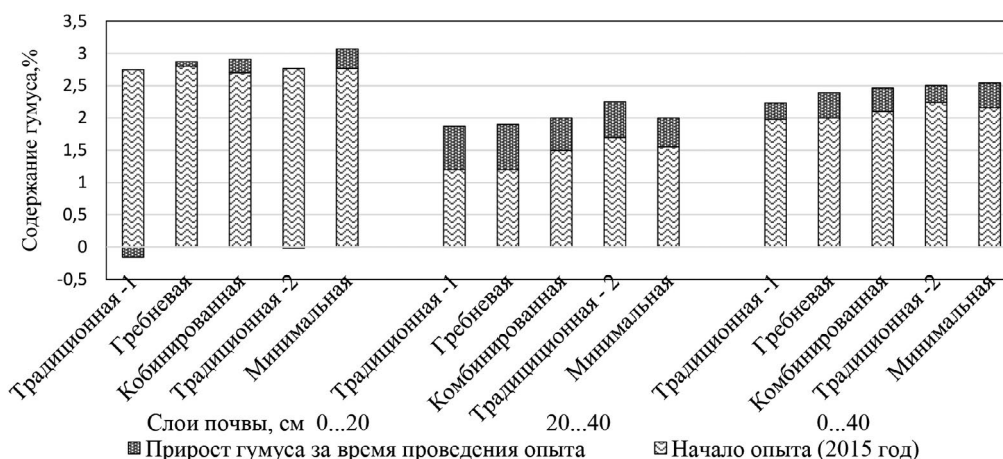


Рис. 4. Влияние разных систем обработки на содержание гумуса в осушаемой почве.

му состоянию (2014 год) содержание гумуса в слое 20...40 см к концу опыта увеличилось на 0,88%, что на 0,20% больше, чем без шеления. В слое 0...40 см объемное шеление, в среднем по трем вариантам, повысило его в прямом действии на 0,18% (с 1,98 до 2,17) и в последствии — 0,33 (до 2,50%). Содержание гумуса в слое 0...40 см при объемном шелении за время проведения опыта увеличилось на 0,52%, это на 0,19% больше.

Таким образом, применение гребневой системы обработки и объемного шеления почвы создает, по сравнению с традиционной, благоприятные условия для сохранения запасов гумуса и их накопления в осушаемых глееватых почвах из-за улучшения агрофизического состояния почвы и условий гумификации органического вещества.

Обработка почвы — важное технологическое звено систем земледелия, определяющее процесс воспроизводства почвенного плодородия и условия формирования бездефицитного баланса гумуса. Приемы и системы обработки почвы существенно различаются по своему влиянию на скорость и направленность динамики гумуса в севооборотах. Это необходимо учитывать при разработке программ воспроизводства плодородия почв и сохранения органического вещества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Байбеков Р.Ф., Кирпичников Н.А., Бижан С.П., Белек А.Н. Влияние длительного применения удобрений на показатели плодородия дерновоподзолистой почвы в зернотравном севообороте // *Земледелие*. 2021. № 7. С. 12–15. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-7-12-15>
- Борин А.А., Лощина А.Э. Продуктивность севооборота и плодородие почвы при различных технологиях её обработки // *Плодородие*. 2015. № 2 (83). С. 25–27.
- Дубовик Д.В., Чуян О.Г. Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий // *Земледелие*. 2018. № 2. С. 9–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10202>
- Кирюшин В.И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // *Земледелие*. 2021. № 2. С. 3–7. <https://doi.org/10.244/0044-3913-2021-10201>
- Кирюшин В.И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // *Земледелие*. 2022. № 2. С. 3–7. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-3-7>
- Митрофанов Ю.И. Гребнистая обработка почвы под зернофуражные культуры // *Мелиорация и водное хозяйство* // 2011. № 4. С. 14–17.
- Митрофанов Ю.И. Агрофизические основы повышения продуктивности осушаемых почв: Монография. Изд-во: LAP (Lambert Academic Publishing), GmbH & Co. KG, Heinish-BocKing — Str. Saarbrucken, Deutschland. 2017. 196 с.
- Митрофанов Ю.И., Гуляев М.В., Пугачева Л.В., Первушина Н.К. Новый способ шеления осушаемых почв // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022. 5 (389). С. 541–545. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
- Немченко В.В., Волюнкина О.В., Дерябин В.П. Системы обработки почвы и ее плодородие // *Агрохимический вестник*. 2022. № 3. С. 86–96. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-3-016>
- Новоселов С.И., Кузьминых А.Н., Еремеев Р.В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота // *Плодородие*. 2019. № 6 (111). С. 22–25. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.06>
- Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. Т. 50. № 1. С. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-1>
- Пургин Д.В., Усенко В.И., Кравченко В.И. и др. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации. *Земледелие*. 2019. № 8. С. 8–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10802>
- Тютюнов С.И., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В. и др. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 5. С. 18–23. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10503>
- Цыгуткин А.С., Азаров А.В. Изучение влияния технологий возделывания сельскохозяйственных культур и почвы, как саморазвивающейся системы, на содержание гумуса // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 6. С. 44–49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10608>
- Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бубер А.Л. Влияние приемов обработки почвы на агрофизические показатели плодородия при возделывании ячменя на мелио-

рированных землях Верхневолжья // Плодородие. 2018. № 4 (103). С. 40–43.

REFERENCES

1. Baybekov R.F., Kirpichnikov N.A., Bizhan S.P., Belek A.N. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na pokazateli plodorodiya dernovopodzolistoy pochvy v zernotravyanom sevooborote // Zemledeliye. 2021. № 7. S. 12–15. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-7-12-15>
2. Borin A.A., Loshchinina A.E. Produktivnost' sevooborota i plodorodiye pochvy pri razlichnykh tekhnologiyakh yeyo obrabotki // Plodorodiye. 2015. № 2 (83). S. 25–27.
3. Dubovik D.V., Chuyan O.G. Kachestvo sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh priyemov i klimaticheskikh usloviy // Zemledeliye. 2018. № 2. S. 9–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10202>
4. Kiryushin V.I. Sostoyaniye i problemy razvitiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Zemledeliye. 2021. № 2. S. 3–7. <https://doi.org/10.244/0044-3913-2021-10201>
5. Kiryushin V.I. Sistema nauchno-innovatsionnogo obespecheniya tekhnologiy adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Zemledeliye. 2022. № 2. S. 3–7. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-3-7>
6. Mitrofanov Yu.I. Grebnistaya obrabotka pochvy pod zernofurazhnyye kul'tury // Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo // 2011. № 4. S. 14–17.
7. Mitrofanov Yu.I. Agrofizicheskiye osnovy povysheniya produktivnosti osushayemykh pochv: Monografiya. Izd-vo: LAP (Lambert Academic Publishing), GmbH & Co. KG, Heinsberg-König – Str. Saarbrücken, Deutschland. 2017. 196 s.
8. Mitrofanov Yu.I., Gulyayev M.V., Pugacheva L.V., Pervushina N.K. Novyy sposob shchelevaniya osushayemykh pochv // Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal. 2022. 5 (389). С. 541–545. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
9. Nemchenko V.V., Volynkina O.V., Deryabin V.P. Sistemy obrabotki pochvy i yeye plodorodiye // Agrokhimicheskii vestnik. 2022. № 3. S. 86–96. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-3-016>
10. Novoselov S.I., Kuz'minykh A.N., Yermeyev R.V. Plodorodiye pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v zavisimosti ot osnovnoy obrabotki i sevooborota // Plodorodiye. 2019. № 6 (111). S. 22–25. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.06>
11. Perfil'yev N.V., V'yushina O.A. Elementy plodorodiya i produktivnost' pashni v zavisimosti ot obrabotki pochvy // Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 2020. T. 50. № 1. S. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-1>
12. Purgin D.V., Usenko V.I., Kravchenko V.I. i dr. Formirovaniye zasorennosti posevov v zernoparovom sevooborote v zavisimosti ot sposoba obrabotki pochvy i primeneniya sredstv khimizatsii. Zemledeliye. 2019. № 8. S. 8–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10802>
13. Tyutyunov S.I., Solntsev P.I., Khoroshilova Yu.V. i dr. Vliyaniye priyemov osnovnoy obrabotki pochvy, udobreniy i sredstv zashchity rasteniy na produktivnost' ozimoy pshenitsy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 5. S. 18–23. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10503>
14. Tsygutkin A.S., Azarov A.V. Izucheniye vliyaniya tekhnologiy vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i pochvy, kak samorazvivayushchiesya sistemy, na sodержaniye gumusa // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35. № 6. S. 44–49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10608>
15. Shevchenko V.A., Solov'yev A.M., Buber A.L. Vliyaniye priyemov obrabotki pochvy na agrofizicheskiye pokazateli plodorodiya pri vozdeystvovanii yachmenya na meliorirovannykh zemlyakh Verkhnevolzh'ya // Plodorodiye. 2018. № 4 (103). S. 40–43.

Поступила в редакцию 24.06.2024

Принята к публикации 08.07.2024

УДК 631.8:631.461:631.559

DOI: 10.31857/S2500208224060164, EDN: WSXSNL

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ*

Наталья Викторовна Фомичёва, кандидат биологических наук
Юлия Дмитриевна Смирнова, кандидат биологических наук
Галина Юрьевна Рабинович, доктор биологических наук, профессор
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: vniimz@list.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния препаратов различной природы на микробиологическую активность почвы и урожайность яровой пшеницы при нестабильных погодных условиях. Яровую пшеницу выращивали на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Годы проведения исследований отличались по влагообеспеченности: 2020 – избыточно влажный, 2021 – засушливый, 2022 – оптимальный. Использовали гуминовый препарат (ГП) и биопрепарат микробной природы (БП) для предпосевной обработки семян (20 л рабочего раствора ГП или БП 1%-й концентрации на 1 т семян), для двукратной некорневой обработки растений в фазах кушения и колошения (ГП – 1 л/га, БП – 3 л/га, норма расхода рабочих растворов – 300 л/га). В фазе кушения статистически значимо увеличилась численность доминирующих микроорганизмов в вариантах с обработкой семян препаратами: в 2020 году – на 25,4 (ГП) и 53,3% (БП), 2022 – 51,8 и 43,9% соответственно. В среднем за три года максимальный эффект от применения ГП наблюдали в засушливом 2021 году: увеличение численности микроорганизмов составило 59,3–94,2%,

* Исследования выполнены в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» по теме FGUR-2024-0008 «Разработка конкурентоспособной технологии устойчивого возделывания яровой пшеницы для центра Нечерноземной зоны России в условиях изменяющегося климата» / The research was carried out within the framework of the state task of the Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute on the topic FGUR-2024-0008 “Development of competitive technology for sustainable cultivation of spring wheat for the center of the Non-Chernozem zone of Russia in a changing climate”.

прибавка урожая — 13,0 и 13,9% соответственно для вариантов с предпосевной обработкой семян и некорневой растений, наибольшая прибавка получена от их совместного применения — 17,3%. БП был наиболее эффективен в год избыточного увлажнения — численность микроорганизмов увеличивалась на 50,8–84,7%, максимальная прибавка урожая пшеницы (15%) зафиксирована при обработке семян и растений.

Ключевые слова: яровая пшеница, гуминовый препарат, биопрепарат, метеоусловия, почва, микроорганизмы, урожай

EFFECT OF PREPARATIONS ON MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND YIELD OF SPRING WHEAT DEPENDING ON WEATHER CONDITIONS

N.V. Fomicheva, *PhD in Biological Sciences*

Yu.D. Smirnova, *PhD in Biological Sciences*

G.Yu. Rabinovich, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*
FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia

E-mail: vniimz@list.ru

Abstract. The aim of the study was to investigate the effect of various preparations on the microbiological activity of the soil and the yield of spring wheat under unstable weather conditions. Spring wheat was grown on sod-podzolic light loamy soil. The years of the study differed in moisture supply, taking into account the values of the hydrothermal coefficient: 2020 — excessively moistened, 2021 — dry, 2022 — optimal. A humic preparation (HP) and a microbial biopreparation (BP) were used for pre-sowing seed treatment (at the rate of 20 l of a working solution of HP or BP of 1% concentration per 1 ton of seeds), for double foliar treatment of plants in the tillering and heading phases (HP — at the rate of 1 l / ha, BP — 3 l / ha, the consumption rate of working solutions is 300 l / ha) and when combining the above methods. During the tillering phase, a statistically significant increase in the number of dominant microorganisms was observed in the variants with seed treatment with preparations: in 2020 — by 25.4 and 53.3% in the case of using HP and BP, respectively, in 2022 — by 51.8 and 43.9%. During the heading phase, the effect was weaker — 21.6 and 23.5%. On average, over three years, the maximum effect from the use of HP was observed in the dry year of 2021: an increase in the number of microorganisms amounted to 59.3–94.2%, and the yield increase was 13.0% and 13.9%, respectively, for variants with pre-sowing seed treatment and foliar treatment of plants, the greatest increase was obtained from combining these methods — 17.3%. BP was most effective in the year of excess moisture — the number of microorganisms increased by 50.8–84.7%, and the maximum increase in wheat yield (15%) was obtained from combining seed and plant treatment methods.

Keywords: spring wheat, humic preparation, biopreparation, weather conditions, soil, microorganisms, yield

В последнее десятилетие отмечаются резкие различия в метеорологических условиях по годам вегетации сельскохозяйственных культур, которые сильно влияют на формирование урожая и качество продукции в различных субъектах Российской Федерации и за ее пределами. Особенно нестабильными погодными условиями характеризуется Нечерноземная зона РФ, поэтому урожайность и качество выращиваемых культур имеют значительную вариабельность. У яровой пшеницы наиболее подвержены влиянию внешних факторов стекловидность эндосперма, накопление сырой клейковины в зерне и ее качество, при этом меньше всего изменяется натура и масса 1000 зерен. [9]

В условиях лесостепи Среднего Поволжья (Пензенская обл.) на формирование урожайности яровой пшеницы воздействуют погодные условия июня, а качественные показатели зерна зависят от температурного режима и количества атмосферных осадков во второй половине вегетации. Выявлены положительные корреляционные связи урожайности со среднесуточной температурой воздуха, количеством атмосферных осадков и гидротермическим коэффициентом (ГТК), а также между содержанием белка в зерне и температурой воздуха. Отмечены слабые отрицательные связи у качественных характеристик зерна и ГТК. [4] В длительных полевых опытах (средний Урал) прослеживается средняя положительная зависимость урожая яровой пшеницы от ГТК за май-июль, наибольшая — урожая от обеспеченности осадками в летний период. [8]

Исследователи установили, что высокие температуры способствуют увеличению выхода муки и содержания клейковины, низкие — числа падения и массы

1000 зерен. [13] При дефиците почвенной влаги растет содержание белка в зерне, повышенной влажности — число падения и качество клейковины.

Для снятия внешних абиотических факторов применяют препараты различного класса — на основе солей гуминовых кислот (гуматы), штаммов микроорганизмов (бактериальные), гормонов роста, а также препараты, содержащие комплекс биологически активных веществ, обладающих стимулирующим действием на растения. [6] Они могут положительно влиять на культурные растения, включая сложный физиологический механизм, давая клеткам возможность реализовывать дополнительную энергию. Росту и развитию растений благоприятствуют некорневые подкормки и предпосевная обработка семян.

Четырехлетние испытания (2016–2019 годы) по листовым подкормкам регуляторами роста яровой пшеницы сорта *Дар Черноземья* в условиях Белгородской области показали рентабельность их применения. Исследованиями отмечено, что в засушливых и стрессовых условиях вегетации урожайность культуры была меньшей, чем в годы с хорошим климатом, но с применением регуляторов роста наблюдали достоверно большую прибавку урожая, по сравнению с контролем. [7]

Существенное влияние на урожайность культур оказывают погодные условия в межфазный период посев-всходы, поэтому требуется предпосевная обработка семян. Препарат Вигор Форте и Биопрепарат (патент № 2463759) повышали засухоустойчивость ярового ячменя в период всходов, период урожая, по сравнению с контролем — 18...21%. [10]

Положительное воздействие препаратов складывается из стимуляции развития растений и активизации почвенных процессов (биохимические, микробиологические). [2, 3] Усиление микробиологических процессов в почве ослабляет влияние антропогенных факторов. [14] Исследования, проведенные в ФГБНУ «ФРАНЦ», показали, что обработка посевов озимой пшеницы гуминовым препаратом ВЮ-Дон увеличила биологическую активность ризосферной зоны растений и сняла токсический эффект от применения гербицидов. Прибавка урожайности — 4...13 ц/га в разные годы исследований в зависимости от погодных условий. [5] В другом опыте двукратная обработка растений озимой пшеницы препаратом ВЮ-Дон стимулировала рост численности почвенной микрофлоры на 150%, по сравнению с контролем. [1]

Цель работы — изучение влияния препаратов различной природы на микробиологическую активность почвы и урожайность яровой пшеницы при нестабильных погодных условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (филиал ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Тверская обл.) в 2020–2022 годах. Почва — дерново-подзолистая легкосуглинистая, среднекислая ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,6...4,8\%$), с низким обеспечением гумуса (2,1...2,3%), высоким содержанием фосфора (210...244 мг/кг) и калия (225...250 мг/кг) по Кирсанову. Удобрения вносили общим фоном в дозе $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$, технология возделывания яровой пшеницы — общепринятая в Тверском регионе.

Исследовали два препарата, разработанные во ВНИИМЗ. [12] Биопрепарат микробной природы (БП) получен из продукта ферментации торфонавозной смеси, характеризуется высоким содержанием агрономически значимых групп микроорганизмов (аммонифицирующие, амилалитические, фосфатмобилизующие, автохтонные, целлюлозоразрушающие и другие) — не менее 10^8 КОЕ/мл, наличием макро- и микроэлементов, биологически активных веществ (ферменты, сахара, витамины, гуминовые кислоты). Гуминовый препарат (ГП) получен из отхода при изготовлении БП и характеризуется благоприятным уровнем кислотности (pH — не более 8,5), содержанием гуминовых кислот — не менее 10 г/л и агрономически значимой микрофлорой — не менее 10^5 КОЕ/мл.

Препараты применяли для обработки семян (ОС) яровой пшеницы перед посевом (20 л рабочего раствора ГП или БП 1%-й концентрации на 1 т семян), некорневых обработок растений (ОР) пшеницы в фазах кушения и колошения (ГП — 1 л/га, БП — 3 л/га, норма расхода рабочих растворов — 300 л/га) или при совмещении указанных приемов. Повторность — четырехкратная, расположение делянок систематизированное. Общая площадь делянки — 45, учетная — 24 м².

Для проведения микробиологических анализов почву отбирали на глубине 0...20 см трижды за сезон (кушение, колошение и восковая спелость). Учитывали доминирующие для дерново-подзолистой почвы агрополигона Губино микроорганизмы, численность которых определяли методом предельных разведений на твердых питательных средах: аммонифицирую-

щие — на мясопептонном агаре (МПА), амилалитические — крахмало-амиачном (КАА), мобилизующие ор-ганофосфаты — питательной среде Менкиной. В статье представлена суммарная численность указанных микроорганизмов.

Метеоусловия оценивали по ГТК, принимая во внимание, что его значение больше 1,6 соответствует зоне избыточного увлажнения, 1,6...1,3 — оптимальной по влажности, 1,3...1,0 — недостаточного увлажнения, 1,0...0,7 — засушливой, 0,7...0,4 — очень засушливой, 0,4 и меньше — сухой.

Экспериментальные данные статистически обрабатывали с помощью компьютерных программ Microsoft Excel 2019, STATGRAPHICS Centurion XVI.II.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рост и развитие яровой пшеницы зависят от погодных условий, плодородия и биологической активности почвы, применяемых удобрений и препаратов. Перечисленные факторы находятся в тесной взаимосвязи друг с другом.

Годы исследований сильно различались между собой по температурному режиму и количеству выпавших осадков, о чем можно судить по ГТК в среднем за период вегетации яровой пшеницы: 2020 — избыточно увлажненный, 2021 — засушливый, 2022 — оптимальный (табл. 1). Метеоусловия сказались на эффективности действия удобрений и препаратов, численности почвенной микрофлоры, росте и развитии растений и урожайности.

Тепло- и влагообеспеченность посевов, активность почвенной биоты играют определяющую роль в формировании будущего урожая. Некорневые обработки растений различными препаратами для стимуляции их роста и развития осуществляют в фазы кушения и колошения, поскольку в это время закладываются репродуктивные органы.

Первый микробиологический анализ проводили в фазе кушения перед первой некорневой обработкой растений. На этом этапе можно оценить влияние препаратов только в случае обработки семян пшеницы, в связи с чем значения численности исследуемой микрофлоры были усреднены между вариантами с обработкой и без обработки семян.

Несмотря на высокие значения ГТК в мае 2020 и 2022 годов, влагообеспеченность почвы к началу кушения яровой пшеницы (III декада) достигала 70...75% ППВ, что благоприятно отразилось на активности почвенных микроорганизмов. Наблюдали статистически значимое увеличение численности микроорганизмов в вариантах с обработкой семян препаратами, по сравнению с контролем: 2020 год — на

Таблица 1.
Гидротермический коэффициент в вегетационные периоды яровой пшеницы по годам

Месяц	2020	2021	2022
Май	2,85	0,22	2,39
Июнь	1,52	1,73	1,24
Июль	3,08	0,36	1,40
Август	1,71	1,11	0,83
Среднее	2,29	0,86	1,47

25,4 (ГП) и 53,3% (БП), 2022 — 51,8 и 43,9% соответственно (табл. 2).

В 2021 году после посева яровой пшеницы и до начала июня отсутствовали атмосферные осадки, температура воздуха была выше нормы на 3...6°C, что повлияло на влагообеспеченность почвы в фазе кущения (32% ППВ). В результате численность микроорганизмов была существенно ниже, по сравнению с другими годами, а статистически значимое ее увеличение (на 18,6%) выявлено в результате обработки семян гуминовым препаратом (табл. 2). В среднем за три года установлено, что обработка семян яровой пшеницы ГП и БП увеличивала численность исследуемых микроорганизмов на статистически значимые величины, по сравнению с контрольным вариантом, при этом достоверной разницы между значениями в вариантах с применением препаратов не отмечали.

Второй микробиологический анализ провели в фазе колошения перед второй некорневой обработкой. Этот период в разные годы очень отличался по метеоусловиям. В 2020 году частые и обильные дожди переувлажняли почву, создавали анаэробные условия для почвенных микроорганизмов, 2021 — жаркая (выше нормы на 4...6°C) погода без дождей привела к недостатку почвенной влаги, 2022 — наблюдали чередование жарких и прохладных периодов, кратковременные дожди. Почвенные микроорганизмы активно отзывались на сложившиеся условия и их численность можно представить уменьшающейся по годам — 2022 > 2020 > 2021.

В фазе колошения при обработке семян отмечен статистически значимый, но более слабый, чем при кущении эффект: в среднем за три года рост численности почвенных микроорганизмов с использованием гуминового препарата — 21,6%, биопрепарата — 23,5%. Первая некорневая обработка растений ГП и БП существенно не повлияла на изменение численности микрофлоры.

Деятельность почвенных микроорганизмов в комплексе с другими важными факторами определяет рост

и развитие растений, влияет на формирование урожая, а также считается одним из слагаемых почвенного плодородия. К фазе полной спелости пшеницы в годы исследований почва отличалась оптимальной влагообеспеченностью, численность почвенной микрофлоры была высокой (табл. 3).

Применение гуминового препарата наиболее эффективно в засушливом 2021 году — максимальное увеличение численности микроорганизмов при любом технологическом приеме его использования (прибавка — 59,3...94,2%). Это можно объяснить действием гуминовых веществ, которые способны снижать негативное влияние абиотических факторов. [11]

БП положительно повлиял на почвенную микробиоту в избыточно увлажненном 2020 году, в засушливом 2021 — отрицательно, поскольку различные физиологические группы микроорганизмов, входящие в его состав, наряду с аборигенной микрофлорой, плохо переносят высокую температуру воздуха и недостаток почвенной влаги.

Урожай яровой пшеницы в 2020 и 2021 годах находился в статистически значимой ($p < 0,05$) взаимосвязи со средней численностью микроорганизмов — коэффициенты корреляции (r) — 0,85 и 0,97 соответственно. В 2022 году взаимосвязь между указанными показателями не достигала значимого уровня достоверности ($r = 0,74$, $p > 0,05$).

Наименьший урожай яровой пшеницы получили в 2021 году (табл. 4). Несмотря на это, эффект от гуминового препарата был высокий, причем предпосевная обработка семян и некорневая обработка растений показали близкий результат — прибавка урожая, по отношению к контрольному варианту, составила 13,0 и 13,9% соответственно, максимальная — от совмещения приемов (17,3%).

Эффективное применение БП во все годы исследований было в случае предпосевной обработки семян с последующими некорневыми обработками растений, при этом максимальная прибавка урожая (15%), по отношению к контролю, достигнута в избыточно увлажненном 2020 году.

В среднем за три года некорневая обработка растений и предпосевная семян способствовали практически одинаковой прибавке урожая как в случае использования ГП, так и БП. Наиболее эффективно было совмещать указанные приемы, при этом существенной разницы между препаратами не обнаружили. Аналогичные результаты получены и по численности микрофлоры в среднем за три года при кущении растений, что подтверждает значимость этой фазы в формировании урожая.

Таблица 2.

Суммарная численность исследуемых почвенных микроорганизмов в фазе кущения яровой пшеницы по годам, (млн/г)

Вариант	2020	2021	2022	Среднее
НРК (фон) без ОС	48,0 ± 3,1	26,4 ± 1,8	35,3 ± 3,0	36,6
Фон + ОС ГП	60,2 ± 6,2	31,3 ± 2,5	53,6 ± 2,6	48,4
Фон + ОС БП	73,6 ± 5,1	28,0 ± 2,4	50,8 ± 4,7	50,8

Таблица 3.

Суммарная численность исследуемых почвенных микроорганизмов при выращивании яровой пшеницы по годам

Вариант	2020		2021		2022	
	млн/г	+ к контролю, %	млн/г	+ к контролю, %	млн/г	+ к контролю, %
НРК (фон) — контроль	42,5 ± 2,1	—	22,6 ± 1,5	—	39,9 ± 2,8	—
Фон + ОР ГП	54,8 ± 4,2	28,9	36,0 ± 2,8	59,3	56,5 ± 4,4	41,6
Фон + ОС ГП	50,4 ± 4,8	18,6	40,5 ± 3,6	79,2	53,0 ± 5,4	32,8
Фон + (ОС+ОР) ГП	62,7 ± 5,3	47,5	43,9 ± 4,0	94,2	55,0 ± 3,1	37,8
Фон + ОР БП	64,1 ± 5,7	50,8	27,3 ± 2,1	20,8	52,8 ± 3,2	32,3
Фон + ОС БП	68,2 ± 4,2	60,5	29,9 ± 2,5	32,3	58,9 ± 3,0	47,6
Фон + (ОС+ОР) БП	78,5 ± 5,1	84,7	32,4 ± 2,5	43,4	63,4 ± 4,6	58,9

Таблица 4.

Урожайность яровой пшеницы по годам

Вариант	2020		2021		2022		Среднее	
	т/га	прибавка к контролю, %	т/га	прибавка к контролю, %	т/га	прибавка к контролю, %	т/га	прибавка к контролю, %
НРК (фон) – контроль	2,80	–	2,31	–	2,92	–	2,68	–
Фон + НО ГП	3,01	7,5	2,63	13,9	3,19	9,2	2,94	9,7
Фон + ОС ГП	3,06	9,3	2,61	13,0	3,12	6,8	2,93	9,3
Фон + (ОС+НО) ГП	3,03	8,2	2,71	17,3	3,24	11,0	2,99	11,6
Фон + НО БП	3,04	8,6	2,45	6,1	3,10	6,2	2,86	6,7
Фон + ОС БП	3,10	10,7	2,43	5,2	3,08	5,5	2,87	7,1
Фон + (ОС+НО) БП	3,22	15,0	2,50	8,2	3,16	8,2	2,96	10,4
НСР ₀₅	0,22		0,26		0,18			

Выводы. По результатам трехлетних полевых экспериментов показана причинно-следственная взаимосвязь между метеоусловиями, влиянием препаратов разной природы и приемами их внесения, численностью почвенной микрофлоры и урожаем яровой пшеницы. Гуминовый препарат проявил наибольшую эффективность в засушливый год, активизируя почвенную микрофлору на 59,3...94,2% и увеличив урожай от 13 до 17,3% в зависимости от способа использования. Биопрепарат был наиболее эффективен в год избыточного увлажнения – численность микроорганизмов, по сравнению с контрольным вариантом, выросла на 50,8...84,7% в зависимости от технологического приема применения препарата, максимальная прибавка (15%) зафиксирована от совмещения приемов обработки семян и растений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горовцев А.В., Лыхман В.А. Применение гуминового удобрения BIO-Don на черноземе обыкновенном под озимую пшеницу // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 1. С. 89–95.
2. Бережная В.В., Клыков А.Г., Сидоренко М.Л., Быковская А.Н. Динамика содержания элементов питания и почвенных микроорганизмов в посевах яровой пшеницы с использованием бактериальных комплексов // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2(155). С. 24–30. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-2-24-30>
3. Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Концевая И.И., Козел М.С. Влияния биопрепаратов на численность агрономически полезных групп микроорганизмов в посевах озимой ржи // Эпоха науки. 2022. № 29. С. 3–11.
4. Дёмина Н.Ф. Влияние погодных условий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (4). С. 433–440. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440>
5. Лыхман В.А., Полиенко Е.А., Дубинина М.Н. и др. Влияние гуминового препарата на продуктивность озимой пшеницы при возделывании на чернозёме обыкновенном // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 60–63.
6. Мосякина О.И., Лексикова В.В. Стимуляторы корнеобразования и регуляторы роста растений // Научный журнал молодых ученых. 2016. № 1(6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stimulyatory-korneobrazovaniya-i-regulyatory-rosta-rasteniy> (дата обращения: 08.04.2024).

7. Муравьев А.А. Эффективность листовых подкормок на яровой пшенице // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 1 (25). С. 154–161.
8. Постников П.А., Попова В.В., Овчинников П.Ю., Ти-ханская Е.Л. Изменение погодных условий на Среднем Урале и их воздействие на урожайность яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 3. С. 4–9. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_3_4
9. Рубец В.С., Ворончихина И.Н., Пыльнев В.В. и др. Влияние метеорологических условий на качество зерна яровой пшеницы (Triticum L.) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 89–108. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-5-89-108>
10. Тимаков А.Г., Мамеев В.В., Павловская Н.Е. Влияние новых биологических препаратов на структуру урожая ярового ячменя в зависимости от метеоусловий // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 53–57. <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10028>
11. Garcia A.C., Santos L.A., Izquierdo F.G. et al. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress // Ecological Engineering. 2012. Vol. 47. P. 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.06.011>
12. Fomicheva N.V., Rabinovich G.Yu. Technological line for processing animal waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Scientific Conference: «AGRITECH-IV-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies» 18–20 November 2020. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation. 677(2021) 052004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052004>
13. Marinho J., Silva S., Fonseca I. et al. Technological quality of wheat grains and flour as affected by nitrogen fertilization and weather conditions // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2022. Vol. 34(12). PP. 997–1011. <https://doi.org/10.9755/efja.2022.v34.i12.2977>
14. Wolejko E., Jablonska-Trypuc A., Wydro U. et al. Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides (A review) // Applied Soil Ecology. 2020. Vol. 147. PP. 103356. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.006>

REFERENCES

1. Bezuglova O.S., Polienko E.A., Gorovcev A.V., Lyhman V.A. Primenenie guminovogo udobreniya BIO-Don na chernozeme obyknovennom pod ozimuyu pshenicu // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2015. № 1. S. 89–95.
2. Berezhnaya V.V., Klykov A.G., Sidorenko M.L., Bykovskaya A.N. Dinamika soderzhaniya elementov pitaniya i po-

- chvennyh mikroorganizmov v posevah yarovoj pshenicy s ispol'zovaniem bakterial'nyh kompleksov // Vestnik Kras-GAU. 2020. № 2(155). S. 24–30.
<https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-2-24-30>
3. Dajneko N.M., Timofeev S.F., Koncevaya I.I., Kozel M.S. Vliyaniya biopreparatov na chislennost' agronomicheski poleznyh grupp mikroorganizmov v posevah ozimoy rzhi // Epoha nauki. 2022. № 29. S. 3–11.
 4. Dyomina N.F. Vliyanie pogodnyh uslovij na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy v lesostepi Srednego Povolzh'ya // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23 (4). S. 433–440.
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.433-440>
 5. Lyhman V.A., Polienko E.A., Dubinina M.N. i dr. Vliyanie guminovogo preparata na produktivnost' ozimoy pshenicy pri vozdeystvii na chernozyome obyknovennom // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 5 (73). S. 60–63.
 6. Mosyakina O.I., Leksikova V.V. Stimulyatory korneobrazovaniya i regulatory rosta rastenij // Nauchnyj zhurnal molodyh uchenykh. 2016. № 1(6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stimulyatory-korneobrazovaniya-i-regulatory-rosta-rasteniy> (data obrashcheniya: 08.04.2024).
 7. Murav'ev A.A. Effektivnost' listovyh podkormok na yarovoj pshenice // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2020. № 1 (25). S. 154–161.
 8. Postnikov P.A., Popova V.V., Ovchinnikov P.Yu., Tihanskaya E.L. Izmenenie pogodnyh uslovij na Srednem Urale i ih vozdeystvie na urozhajnost' yarovoj pshenicy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37. № 3. S. 4–9.
https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_3_4
 9. Rubec V.S., Voronchihina I.N., Pyl'nev V.V. i dr. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na kachestvo zerna yarovoj pshenicy (Triticum L.) // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 5. S. 89–108.
<https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-5-89-108>
 10. Timakov A.G., Mameev V.V., Pavlovskaya N.E. Vliyanie novykh biologicheskikh preparatov na strukturu urozhaya yarovogo yachmenya v zavisimosti ot meteouslovij // Agrohimicheskij vestnik. 2019. № 2. S. 53–57.
<https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10028>
 11. Garcia A.C., Santos L.A., Izquierdo F.G. et al. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress // Ecological Engineering. 2012. Vol. 47. P. 203–208.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.06.011>
 12. Fomicheva N.V., Rabinovich G.Yu. Technological line for processing animal waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Scientific Conference: «AGRITECH-IV-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies» 18–20 November 2020. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation. 677(2021) 052004.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052004>
 13. Marinho J., Silva S., Fonseca I. et al. Technological quality of wheat grains and flour as affected by nitrogen fertilization and weather conditions // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2022. Vol. 34(12). PP. 997–1011.
<https://doi.org/10.9755/ejfa.2022.v34.i12.2977>
 14. Wolejko E., Jablonska-Trypuc A., Wydro U. et al. Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides (A review) // Applied Soil Ecology. 2020. Vol. 147. PP. 103356.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.006>

Поступила в редакцию 03.10.2024

Принята к публикации 17.10.2024

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ ДНК ИЗ ЛИЧИНОК *HERMETIA ILLUCENS**

Глеб Игоревич Сутула, младший научный сотрудник, ORCID: 0009-0002-2781-9035

Святослав Игоревич Лоскутов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
ORCID: 0000-0001-9377-5515

Вениамин Юрьевич Ситнов, директор ВНИИПД, ORCID: 0000-0003-1927-1997

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал федерального государственного
бюджетного научного учреждения Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: capitals2016@yandex.ru

Аннотация. Муха черная львинка (*Hermetia illucens*) — перспективный источник корма для животных из-за высокого содержания белка и жира. В 2023 году решением Правительства РФ она была включена в перечень сельскохозяйственной продукции. Но в отечественной литературе очень мало данных по применению молекулярно-генетических методов в отношении черной львинки и практически полностью отсутствует информация о способах экстракции из нее ДНК. Цель исследования — сравнение эффективности существующих методов выделения ДНК и их адаптация для работы с личинками *Hermetia illucens*. Опробованы несколько способов экстракции ДНК, основывающихся на разных лизирующих (SDS, тиоцианат гуанидина, CTAB) и хелатирующих (EDTA) агентах, а также продолжительностях лизиса — 1, 2 и 3 ч. Установлено, что наибольшая концентрация ДНК (750 нг/мкл) достигается CTAB-методом, но в данном случае необходима дополнительная очистка. Комбинированное действие SDS и высоких концентраций EDTA приводит к меньшему выходу ДНК (50 нг/мкл), но не требует дополнительной очистки. Впервые применен метод, основанный на тиоцианате гуанидина, который оказался достаточно релевантным для данного объекта изучения. Все вышеперечисленные методы приводили к сопоставимому или более высокому выходу ДНК, по сравнению с коммерческим набором ГМО-SORB-B. Увеличение длительности лизиса до 3 ч при использовании методов, основанных на тиоцианате гуанидина и CTAB, повышает концентрацию ДНК.

Ключевые слова: черная львинка, *Hermetia illucens*, корма, выделение ДНК, CTAB, SDS, тиоцианат гуанидина, EDTA

COMPARISON OF METHODS OF DNA EXTRACTION FROM *HERMETIA ILLUCENS* LARVAE

G.I. Sutula, Junior Researcher

S.I. Loskutov, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher

V. Yu. Sitnov, Director V.M. Gorbатов Research Center for Food Systems

All-Russian Research Institute for Food Additives — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS,
Saint Petersburg, Russia
E-mail: capitals2016@yandex.ru

Abstract. The black soldier fly (*Hermetia illucens*) is a promising and promising source of animal feed due to its high protein and fat content. For this reason, in 2023, by decision of the Government of the Russian Federation, it was included in the list of agricultural products. Currently, the active use of molecular genetic analysis methods for agricultural purposes continues, including for the study of feed and feed additives. However, today there is too little data in the domestic literature on their use against the black soldier fly. Thus, there is almost no information about DNA extraction methods — the very first stage of any genetic analysis. Thus, the purpose of this study is to compare the effectiveness of existing DNA extraction methods and adapt them to work with *Hermetia illucens* larvae. In this study, several DNA extraction methods were tested, based on different lysing (SDS, guanidine thiocyanate, CTAB) and chelating (EDTA) agents, as well as lysis durations (1, 2, 3 hours), in comparison with a commercial kit. As a result, it was found that the highest DNA concentration (750 ng/μl) is achieved using the CTAB method, however, when using this protocol, additional purification is necessary. The combined action of SDS and high concentrations of EDTA results in a lower DNA yield (50ng/μl), but does not require additional purification. For the first time, a method based on guanidine thiocyanate was used, which turned out to be quite relevant for this object of study. All of the above methods resulted in comparable or higher DNA yield compared to the commercial GMO-SORB-B kit. Increasing the lysis time to 3 hours when using methods based on guanidine thiocyanate and CTAB leads to increased DNA concentration.

Keywords: black soldier fly, *Hermetia illucens*, feed, DNA extraction, CTAB, SDS, guanidine thiocyanate, EDTA

Черная львинка *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) — муха, обитающая в тропических регионах. Ее начинают активно использовать в качестве альтернативного источника пищи для сельскохозяйственных

животных из-за большого содержания белка (42%) и жира (29%), высокой конверсии корма, способности личиночной стадии питаться вторичными органическими ресурсами (навоз, пищевые отходы, пшеничные

* Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FGUS-2024-0010 и № FGUS 2022-0018 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук / This article was published as part of the research topic № FGUS-2024-0010 and № FGUS 2022-0018 of the state assignment of the V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

отруби и другие). [6, 11] Помимо экономических преимуществ, ее применение способно снизить неблагоприятное воздействие сельского хозяйства на окружающую среду из-за меньших затрат водных и земельных ресурсов. В 2023 году *Hermetia illucens*, согласно распоряжению Правительства № 2761-р, получила официальный статус сельскохозяйственной продукции в РФ и была включена в раздел «Кормовые культуры полевого возделывания, продукция кормопроизводства прочая». Но в отечественной литературе очень мало данных по применению молекулярно-генетических методов в отношении черной львинки и практически полностью отсутствует информация о способах выделения из нее ДНК. [7]

Для генетического анализа требуется достаточная концентрация ДНК, ее целостность и высокая степень очистки. Впервые ДНК была выделена в 1869 году, затем методика экстракции видоизменялась и модифицировалась. [10] Первый этап выделения нуклеиновых кислот (НК) — разрушение клеток физическими, химическими или ферментативными методами. [8] Нарушение целостности плазматической мембраны приводит к выходу содержимого клетки в экстракционный раствор. К физическим способам разрушения относят ультразвук, пропускание клеток через узкое отверстие под давлением (French-press), многократные циклы замораживания/оттаивания и другие, к химическим — использование различных поверхностно-активных веществ (ПАВ), таких как SDS, тиоцианат гуанидина, СТАВ, Triton X-100. Они способствуют высвобождению липидов и белков плазматической мембраны, приводя к ее разрушению. Существуют анионные, катионные и неионогенные ПАВ. [3] К первым относят додецилсульфат натрия (SDS) — мощный детергент, разрушающий липидно-белковые мембранные комплексы и приводящий к денатурации белков вследствие приобретения ими сильного отрицательного заряда. Классическое катионное ПАВ — бромид цетилтриметиламмония (СТАВ), который повышает проницаемость мембраны, что приводит к ее лизису. Также он способствует осаждению кислых полисахаридов и НК из растворов с низкой ионной силой. Если ионная сила растворов высокая, СТАВ образует комплексы с белками и не осаждает НК. Таким образом, выделение ДНК СТАВ-методом подходит для организмов, которые продуцируют большое количество полисахаридов: растения, насекомые, некоторые грамотрицательные бактерии. Triton-x — неионогенное ПАВ, обладающее менее сильным денатурирующим эффектом, что приводит к сохранению белками третичной структуры. Ферментативные методы включают применение различных ферментов, в том числе лизоцима, для лизиса бактериальных клеток. Выделению ДНК способствует присутствие в лизирующем буфере хелатирующих агентов, таких как EDTA. Они связываются с двухвалентными катионами кофакторов нуклеаз (Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} и другие) и предотвращают деградацию ДНК этими ферментами. Следующий этап выделения ДНК — ее очистка. Известно, что НК в клетках связаны с различными высокоспецифичными белками. Для их удаления можно использовать протеазы — ферменты, расщепляющие белки (протеиназа К) или детергенты, вызывающие их денатурацию (SDS). Помимо ДНК, в клетках присутствует РНК, для ее удаления часто применяют на

соответствующем этапе РНКазу А или хлорид лития. Затем следует стадия очистки экстрагированной ДНК от белков, полисахаридов и ингибирующих веществ. В ряде методик для этой цели требуются органические растворители: фенол, хлороформ, изоамиловый спирт. [5] Применение смеси фенол-хлороформ приводит к разделению раствора на две фазы — водную и органическую. Таким образом, после центрифугирования в верхней водной фазе остаются НК, а в нижней органической — белки и гидрофобные липопротеины. Распространен способ очистки с использованием спин-колонок. Метод основан на избирательном связывании положительно заряженных частиц кремнезема (SiO_2) с отрицательно заряженными молекулами ДНК в растворах с высокой ионной силой. В результате нагревания в элюирующем буфере связи ослабевают, и очищенная ДНК выходит в раствор. [4] Последний этап выделения ДНК — осаждение в 96% этиловом спирте и растворение в дистиллированной воде или буфере TE.

Выделение ДНК из насекомых требует оптимизации и модификации существующих методов.

Цель работы — изучение основных методов экстрагирования ДНК из различных биологических материалов и возможности их использования в выделении ДНК из личинок *Hermetia illucens*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — личинки *Hermetia illucens*, выращенные в лаборатории промышленных биотехнологических инноваций ВНИИПД. Развитие, рост и размножение насекомых происходило в оборудованном инсектарии со световыми лампами при постоянно заданных параметрах температуры ($25^{\circ}C$) и влажности воздуха ($55 \pm 5\%$). После достижения определенной стадии развития личинки помещали в морозильную камеру (минус $20^{\circ}C$). Перед началом экстракции ДНК замороженных насекомых взвешивали, на один образец брали 200 ± 20 мг, затем помещали в ступку, где гомогенизировали в жидком азоте. Полученную субстанцию переносили в пробирку для дальнейшей работы по выделению ДНК.

Для разрушения клеток использовали детергенты: тиоцианат гуанидина (Helicon, Россия), СТАВ, SDS (neoFroxx, Германия). В качестве вспомогательного хелатирующего агента был использован EDTA («neoFroxx», Германия). Длительность клеточного лизиса во всех случаях составила 1, 2 и 3 ч.

Выделяли ДНК с помощью коммерческого набора СОРБ-ГМО-Б («Синтол», Россия) в соответствии с инструкцией производителя.

К гомогенизированным личинкам добавляли 700 мкл лизирующего буфера (500 мМ Tris-HCl, 240 мМ тиоцианата гуанидина). Лизис проводили на автоматической мешалке при комнатной температуре.

— 1 мл СТАВ. Лизис — в твердотельном термостате с регулярным перемешиванием при $65^{\circ}C$. К некоторым образцам добавляли 1% SDS.

— 700 мкл лизирующего раствора (TE, 0,5M EDTA, 1% SDS). Лизис — на автоматической мешалке при комнатной температуре.

Очищали ДНК фенолом (Медиген, Россия) и хлороформом (ЭКОС-1, Россия), осаждали — с участием 96%-го этилового спирта.

К полученному лизату добавляли 1/10 объема 2M NaCl и равный объем охлажденного фенола. Активно перемешивали в течение 10 мин., центрифугировали 10 мин. при 4000 об/мин., супернатант переносили в отдельные пробирки. Добавляли равный объем фенола, активно перемешивали (10 мин.), центрифугировали 10 мин. при 4000 об/мин., супернатант переносили в отдельные пробирки. Добавляли равный объем смеси фенола и хлороформа в соотношении 1:1. Активно перемешивали в течение 10 мин., центрифугировали 10 мин. при 4000 об/мин., супернатант переносили в отдельные пробирки. Добавляли равный объем хлороформа. Активно перемешивали 10 мин., центрифугировали 10 мин. при 4000 об/мин., супернатант переносили в отдельные пробирки. Добавляли 1/10 объема 3M ацетата натрия и два объема 96% этанола. Образцы помещали в морозильную камеру (минус 20°C) на 24 ч. Центрифугировали 5 мин. при 13000 об/мин., супернатант переносили в отдельные пробирки и промывали 70%-м этиловым спиртом. Осадок сушили при комнатной температуре и растворяли в дистиллированной воде.

Электрофорез выделенной ДНК проходил в 1%-м агарозном геле при напряжении 90V в течение 1 ч в TAE буфере (2M Tris, 1M уксусная кислота, 50 mM EDTA, pH – 8). После растворения агарозы в TE буфере (10 mM Tris, 1 mM EDTA) в раствор вносили

5 мкл бромистого этидия. В одну лунку геля – 3 мкл образца. В работе использовали электрофоретическую камеру Biorad (США). В качестве стандартов молекулярного веса на одну дорожку наносили 3 мкл Lambda DNA/HindIII Marker (Thermo Scientific, США). Детекцию результатов осуществляли при помощи трансиллюминатора Super-Bright (Vilber, Франция) и геледокументирующей системы Doc-Print CX3 (Vilber, Франция). Концентрацию приблизительно определяли в программе ImageJ по интенсивности свечения полосы ДНК в сравнении со стандартами молекулярного веса известной концентрации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Метод экстракции с применением коммерческого набора ГМО-СОРБ-Б основан на лизисе клеток со СТАВ, очистке хлороформом, сорбции ДНК на силиконизированных частицах и ее последующем осаждении. Высокомолекулярная ДНК визуально заметна в образцах, которые были подвергнуты лизису в течение 1 ч, ее размер ориентировочно составляет 23 kb, концентрация – 580 нг/мкл (рис.1). В образцах с увеличением времени лизиса до 2 и 3 ч были выделены, в основном, низкомолекулярные фрагменты, а высокомолекулярная ДНК практически отсутствовала. Такие результаты, вероятно, связаны с низкой

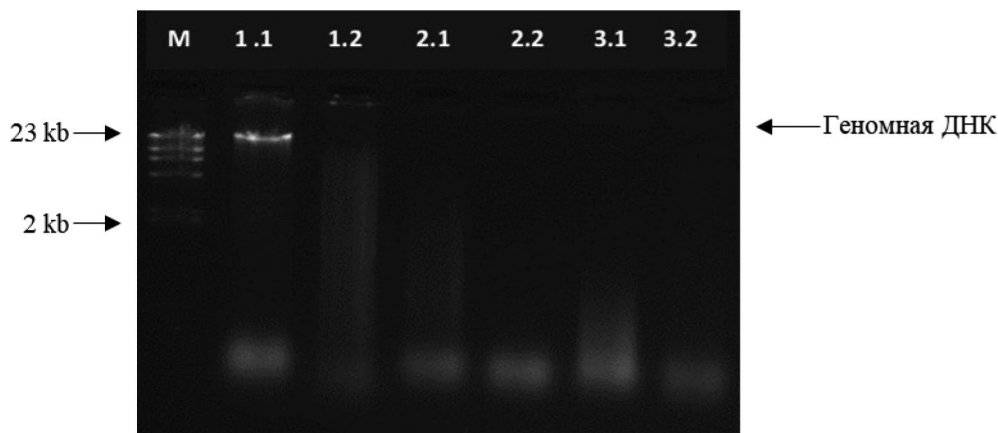


Рис. 1. Электрофореграмма результатов выделений ДНК *Hermetia illucens* с использованием коммерческого набора ГМО-СОРБ-Б. М – маркер: первая цифра образца обозначает длительность лизиса, вторая – номер повторности. То же на рис. 2–5.

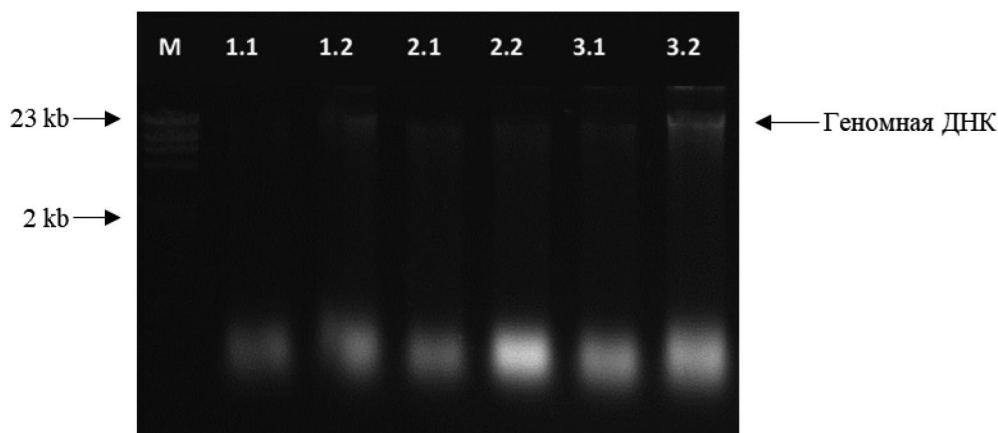


Рис. 2. Электрофореграмма результатов выделений ДНК *Hermetia illucens* с использованием тиоцианата гуанидина.

эффективностью данного набора в применении к насекомым, так как основная область его использования в соответствии с инструкцией — растительные и пищевые субстраты. Рекомендованная длительность лизиса для него составляет 1 ч, а увеличение времени могло негативно сказаться на результатах. В работе [7], где также был набор ГМО-СОРБ-Б, концентрация оказалась выше 70 нг/мкл. Преимущество этого способа выделения ДНК — быстрота и отсутствие необходимости работы с фенолом (токсичный реактив).

В научной литературе отсутствуют данные о выделении ДНК из насекомых с помощью тиоцианата гуанидина. Результаты электрофоретического разделения ДНК, выделенной при его применении, представлены на рисунке 2. Наибольшая концентрация ДНК характерна для образцов, подвергнутых лизису в течение 3 ч — 650 нг/мкл. Размер экстрагированной ДНК ориентировочно соответствует 23 kb. В образцах, подвергнутых лизису в течение меньшего количества времени, концентрация ДНК оказалась ниже — 300...350 нг/мкл. Во всех образцах видны низкомолекулярные фрагменты ДНК, что может быть следствием активности клеточных нуклеаз при отсутствии хелатирующих агентов.

Метод, основанный на СТАВ, преимущественно применяют при выделении ДНК из растений, но некоторые исследования показывают его эффективность в отношении насекомых. [1] Несмотря на схожесть

метода с коммерческим набором ГМО-СОРБ-Б, полученные результаты достаточно сильно различаются. Выделенная ДНК во всех образцах представлена в основном высокомолекулярным фрагментом размером 23 kb, что свидетельствует о низкой степени деградации (рис. 3). Наибольшая концентрация ДНК характерна для образцов, подвергнутых лизису в течение 3 ч — 750 нг/мкл. Во всех остальных образцах концентрация ДНК — 600...650 нг/мкл. В работе [9], где оценивали выделение ДНК из тли *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) с помощью данного метода, были получены похожие электрофореграммы, но концентрация ДНК оказалась меньше — 120 нг/мкл. В другой работе, где экстракцию ДНК осуществляли из *Holcocerrus hippophaecolus* (Lepidoptera: Cossidae), также были получены схожие электрофореграммы, но концентрация была выше — 2140 нг/мкл. [2]

В следующем эксперименте мы оценивали влияние совместного эффекта СТАВ и SDS на экстракцию ДНК (рис. 4). Размер экстрагированной высокомолекулярной ДНК примерно соответствует результатам предыдущего эксперимента (23 kb), однако концентрация оказалась значительно ниже — 380...460 нг/мкл. Возможно, совместное действие двух детергентов имеет негативный эффект на экстракцию ДНК. Полученные данные коррелируют с результатами работы. [2] Увеличение длительности лизиса в этом эксперименте несущественно повлияло на результаты.

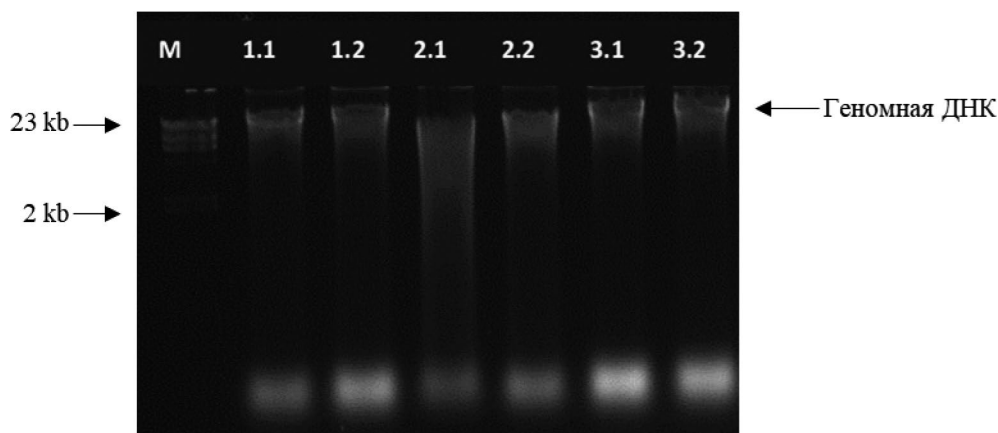


Рис. 3. Электрофореграмма результатов выделений ДНК *Hermetia illucens* с использованием СТАВ.

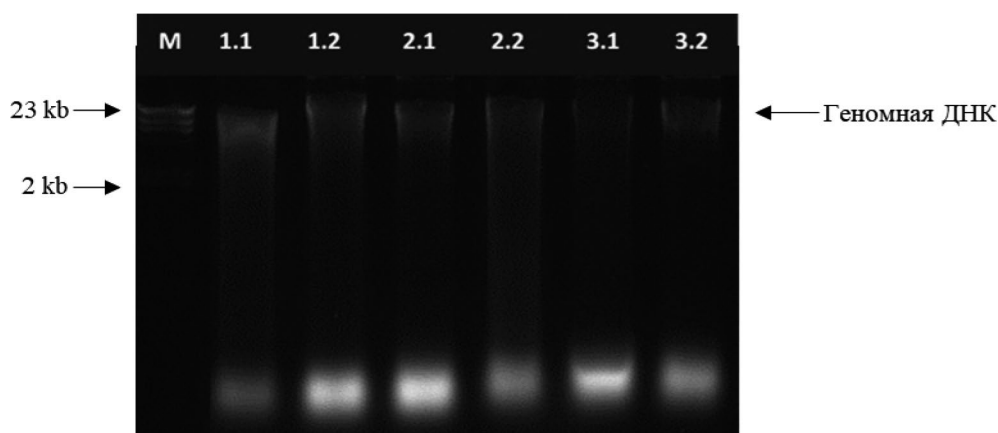


Рис. 4. Электрофореграмма результатов выделений ДНК *Hermetia illucens* с использованием СТАВ и SDS.

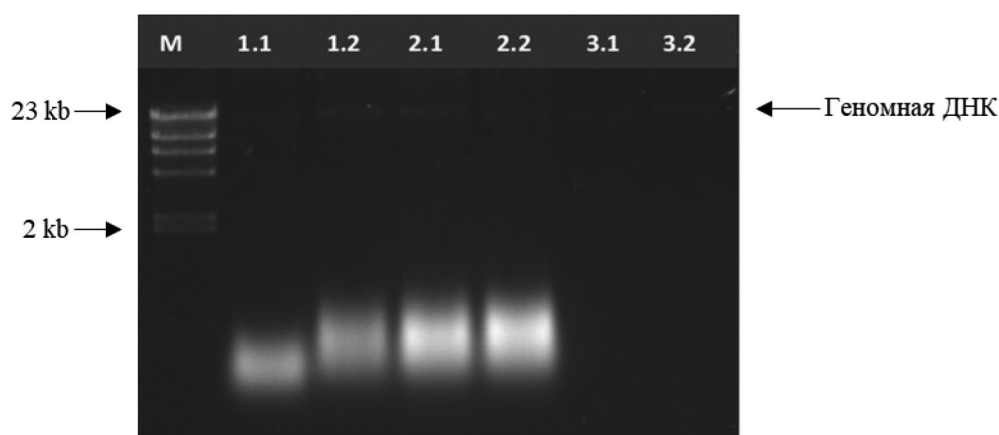


Рис. 5. Электрофореграмма результатов выделений ДНК *Hermetia illucens* с использованием SDS и EDTA.

Мы провели лизирование клеток с участием SDS в присутствии хелатирующего агента EDTA высокой концентрации (рис. 5). Высокмолекулярная геномная ДНК светится в виде компактной узкой полосы, что свидетельствует о высоком качестве очистки и низкой степени фрагментации. Ее размер ориентировочно составляет 23 kb. Концентрация ДНК во всех пробах примерно одинаковая – 50 нг/мкл. Для данного метода характерно отсутствие низкомолекулярных фрагментов, вероятно, из-за инактивации клеточных нуклеаз посредством EDTA.

Выводы. Обобщены и оценены разные методы экстрагирования ДНК из личинок *Hermetia illucens*. Наибольшая концентрация ДНК наблюдается при использовании СТАВ-метода – 750 нг/мкл. Для дальнейшего использования этой ДНК в молекулярно-генетических анализах необходима дополнительная очистка, что приведет к снижению концентрации. С SDS в присутствии большого количества EDTA удается добиться высокой степени очистки и низкой фрагментации, однако выход ДНК существенно снижен (50 нг/мкл). Таким образом, такую ДНК можно использовать для генетических анализов. Впервые получены данные о применении тиоцианата гуанидина для выделения ДНК из насекомых, свидетельствующие о достаточной степени его релевантности относительно *Hermetia illucens*. Все вышеперечисленные методы приводили к сопоставимому или более высокому выходу ДНК, по сравнению с коммерческим набором ГМО-СОРБ-Б. Увеличение длительности лизиса до 3 ч в методах, основанных на тиоцианате гуанидина и СТАВ, повышает концентрации ДНК.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Calderón-Cortés N., Quesada M., Cano-Camacho H., Zavala-Páramo G. A Simple and Rapid Method for DNA Isolation from Xylophagous Insects // *International Journal of Molecular Sciences*. 2010. Vol. 11(12). P. 5056–5064. <https://doi.org/10.3390/ijms11125056>
2. Chen M., Zhu Y., Tao J., Luo Y. Methodological comparison of DNA extraction from *Holococerrus hippophaecolus* (Lepidoptera: Cossidae) for AFLP analysis // *Forestry Studies in China*. 2008. Vol. 10(3). P. 189–192. <https://doi.org/10.1007/s11632-008-0035-5>
3. Dave N., Joshi T. A Concise Review on Surfactants and Its Significance // *International Journal of Applied Chemistry*. 2017. Vol. 13(3). P. 663–672. <https://doi.org/10.37622/IJAC/13.3.2017.663-672>
4. Esser K.-H., Marx W.H., Lisowsky T. MaxBbond: first regeneration system for DNA binding silica matrices // *Nature Methods*. 2006. Vol. 3(1). <https://doi.org/10.1038/nmeth845>
5. Gautam A. Phenol-Chloroform DNA Isolation Method. Springer International Publishing. 2022. P. 33–39. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94230-4_3
6. Green T.R., Popa R. Enhanced Ammonia Content in Compost Leachate Processed by Black Soldier Fly Larvae // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2012. Vol. 166(6). P. 1381–1387. <https://doi.org/10.1007/s12010-011-9530-6>
7. Sadykova E.O., Tyshko N.V., Nikitin N.S. et al. Monitoring methods for novel insect-derived food: the PCR protocol for the detection and identification of *Hermetia illucens* insects based on the HEI-COI probe and primer system // *Problems of Nutrition*. 2023. Vol. 92(1). P. 36–44. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2023-92-1-36-44>
8. Shehadul Islam M., Aryasomayajula A., Selvaganapathy P. A Review on Macroscale and Microscale Cell Lysis Methods // *Micromachines* (Basel). 2017. Vol. 8(3) P. 83. <https://doi.org/10.3390/mi8030083>
9. Suganthi M., Abirami G., Jayanthi M. et al. A method for DNA extraction and molecular identification of Aphids // *MethodsX*. 2023. Vol. 10. P. 102100. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102100>
10. Tan S.C., Yiap B.C. DNA, RNA, and Protein Extraction: The Past and The Present // *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2009. Vol. 2009. P. 1–10. <https://doi.org/10.1155/2009/574398>
11. Zheng L., Hou Y., Li W. et al. Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes // *Energy*. 2012. Vol. 47(1). P. 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.006>

Поступила в редакцию 05.06.2024
Принята к публикации 19.06.2024

ВЛИЯНИЕ СОЭКСТРУЗИИ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ И КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ НА СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ*

Татьяна Николаевна Холодилина^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук

Ксения Сергеевна Нечитайло^{1,2}, кандидат биологических наук

Анна Анатольевна Мелех¹, магистрант

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург, Россия

²ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия
E-mail: k.nechit@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований влияния экструдированных пшеничных отрубей и карбоната кальция на аминокислотный и жирнокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. Установлено, что комбинация экструдированных отрубей с 10 и 15% карбонатом кальция приводит к увеличению насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот на фоне изменения аминокислотного профиля, в частности снижения содержания незаменимых аминокислот. Схожие показатели выявлены при введении экструдированных отрубей с карбонатом кальция (25%). Оптимальная дозировка добавления карбоната кальция в часть экструдированных отрубей — 20% (группа Ca3).

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кальций, экструдирование, отруби, аминокислоты, жирнокислотный состав, биологическая ценность, аминокислотный состав, мышечная ткань

INFLUENCE OF WHEAT BRAN AND CALCIUM CARBONATE COEXTRUSION ON THE COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE OF BROILER CHICKENS

T.N. Kholodilina^{1,2}, PhD in Agricultural Sciences

K.S. Nechitailo^{1,2}, PhD in Biological Sciences

A.A. Melekh¹, Master Student

¹ Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orenburg State University», Orenburg, Russia
E-mail: k.nechit@mail.ru

Abstract. The results of research on the effect of extruded wheat bran and calcium carbonate on amino acid and fatty acid composition of muscle tissue of broiler chickens are presented. It was found that the combination of extruded bran with 10 and 15% calcium carbonate led to an increase in saturated fatty acids and monounsaturated fatty acids against the background of changes in the amino acid profile, in particular, a decrease in the content of essential amino acids. Similar changes were revealed at introduction of extruded bran with calcium carbonate at a dosage of 25%. At the same time, according to the revealed effects, the optimal dosage of calcium carbonate introduction into a part of extruded bran is 20%, Ca3 group.

Keywords: broiler chickens, calcium, extruding, bran, amino acids, fatty acid composition, biological value, amino acid composition, muscle tissue

Высокопродуктивным кроссам цыплят-бройлеров необходим рацион, нормированный по содержанию питательных нутриентов, а также макро- и микроэлементов. Пшеница (*Triticum spp.*) — пищевой источник крахмала, клетчатки, минералов, витаминов и фитохимических веществ, таких как фенольные соединения (фенольные кислоты, флавоноиды и алкилрезорцины), фитостеролы и сфинголипиды, большая часть которых сосредоточена во внешних слоях зерна. [8, 20] В рацион сельскохозяйственной птицы чаще включают пшеничные отруби, однако из-за высокого содержания клетчатки их применение ограничено. В них содержится от 10 до 15% протеина и 9...13% клетчатки. Для молодняка птицы ввод отрубей регламентирован — 5...6% (до 10%). [2]

Мясо цыплят-бройлеров пользуется повышенным спросом во всем мире из-за низкого содержания жира и холестерина, а также доступной стоимости. [14]

Качество мяса, на которое влияет множество факторов (генетика, возраст, убойная масса тела и условия окружающей среды) определяет рыночное признание товара потребителями. [3, 13, 19] Химический состав рациона, скормливаемого животным с однокамерным желудком, влияет на пищевую ценность мяса. Целесообразно изучить действие карбоната кальция в комплексе с экструдированными отрубями на качество мышечной ткани цыплят-бройлеров.

Цель работы — оценка аминокислотного и жирнокислотного состава мышечной ткани цыплят-бройлеров при введении в рацион экструдированных пшеничных отрубей и карбоната кальция.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения — цыплята-бройлеры кросса Арбор-Айкрес (Авиаген). Экспериментальные ис-

* Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда проект № 23-16-00165 / The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation project No. 23-16-00165.

следования выполнены на базе вивария ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии». Сформированы контрольная и четыре опытные группы (n=30). Начиная с 21 сут. в рационе цыплят заменяли 10% (100 г/кг рациона) зерна пшеницы на экструдат, состоящий из пшеничных отрубей и карбоната кальция — 10% (Ca1), 15 (Ca2), 20 (Ca3) и 25% (Ca4). В контрольной группе — основной рацион (ОР).

Животные выращены по инструкциям и рекомендациям российских нормативных актов и «Guide for the Carre and Use of Laboratory Animals». Соблюдали меры, чтобы уменьшить количество исследованных опытных образцов и свести к минимуму страдания животных.

Метод экструзионной обработки был схож с описанным в ранее проведенных исследованиях. [4]

Анализ аминокислотного профиля проводили с использованием системы капиллярного электрофореза Капель 105/105М (ООО «Люмэкс-Маркетинг», Россия), нормальности распределения данных — по критерию согласия Колмогорова-Смирнова. Содержание жирных кислот определяли на газовом хроматографе Кристалл 2000М с ПИД и капиллярной колонкой ZB-WAX 60м x 0,32мм x 0,5.

Экспериментальные данные статистически обрабатывали с помощью программного пакета Statistica 12 и Microsoft Excel. Анализ нормальности распределения данных проводили по критерию согласия Колмогорова-Смирнова. Статистическую значимость оценивали с применением параметрического t-критерия Стьюдента независимых групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Совместная экструзия карбоната кальция (концентрация — 10...25%) с отрубями привела к выраженным изменениям химического состава и показателей биологической ценности мышечной ткани цыплят-бройлеров. При комбинации экструдированных отрубей с 10% карбонатом кальция (Ca1) сухое вещество увеличилось на 3,9 ($P \leq 0,05$), протеин — 10,95% ($P \leq 0,001$), по сравнению с контрольной группой (табл. 1). В группе Ca2, при введении 15% карбоната, наблюдали увеличение в теле сухого вещества на 1,3% ($P \leq 0,001$), протеина — 9,45 ($P \leq 0,001$), золы — 13,64% ($P \leq 0,05$). С возрастанием концентрации до 20% (Ca3) происходило снижение жира на 6,54 ($P \leq 0,01$), сухого вещества — 1,62 при увеличении протеина на 5,97, золы — 22,7% ($P \leq 0,05$). В группе Ca4 выросло количество сухого вещества на 6,17 и жира — 10,28% ($P \leq 0,01$).

В группах Ca1 и Ca2 содержание протеина увеличилось на 13,36 и 6,79%, жира — 27,9 и 27,3% соответственно, по сравнению с контролем, Ca3 и Ca4 — снизилось сухое вещество в мышечной ткани из-за уменьшения протеина и золы (рис. 1).

Аминокислотный профиль мышечной ткани представлен в таблицах 2 и 3. Введение в рацион бройлеров карбоната кальция в концентрации 10% (Ca1) снижает содержание незаменимых аминокислот, в частности суммы лейцина и изолейцина на 10,89% ($P \leq 0,01$), метионина — 9,92 ($P \leq 0,01$), валина — 14,98 ($P \leq 0,001$), треонина — 12,07% ($P \leq 0,001$). Аналогичные изменения были в группе Ca2, по отношению к контролю наблю-

Таблица 1.

Содержание химических веществ в теле бройлеров, %

Группа	Вода	Сухое вещество	Протеин	Жир	Зола
Контроль	69,2 ± 0,01	30,8 ± 0,01	20,1 ± 0,01	10,7 ± 0,00	2,2 ± 0,00
Ca1	68,0 ± 0,38 ^c	32,0 ± 0,38 ^c	22,3 ± 0,09 ^a	11,3 ± 0,33	2,4 ± 0,06
Ca2	68,0 ± 0,77	31,2 ± 0,01 ^a	22,0 ± 0,08 ^a	11,3 ± 0,30	2,5 ± 0,03 ^b
Ca3	69,7 ± 0,05 ^c	30,3 ± 0,05 ^c	21,3 ± 0,15 ^c	10,0 ± 0,14 ^b	2,7 ± 0,04 ^c
Ca4	67,3 ± 0,55 ^b	32,7 ± 0,55 ^b	21,3 ± 0,81	11,8 ± 0,30 ^b	2,8 ± 0,25

Примечание. ^c — $P \leq 0,05$; ^b — $P \leq 0,01$; ^a — $P \leq 0,001$ при сравнении контрольной и опытных групп. То же в табл. 2–4.

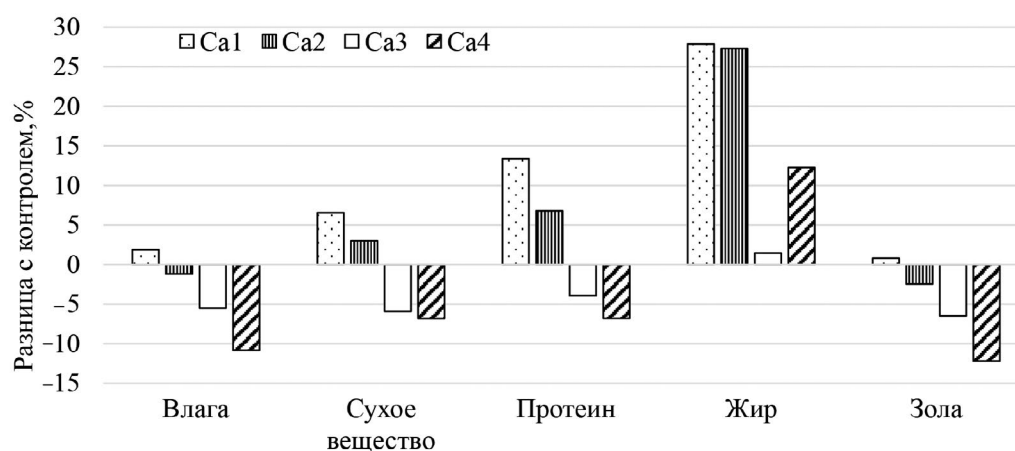


Рис. 1. Диаграмма разницы значений опытных и контрольной групп по содержанию химических веществ в мышечной ткани цыплят-бройлеров.

дали снижение лейцина и изолейцина на 2,82%, метионина — 9,1, лизина — 3,92 ($P \leq 0,001$), треонина — 1,47 ($P \leq 0,05$) с одновременным увеличением валина на 1,73% ($P \leq 0,001$).

Введение карбоната кальция в концентрации 20% (Ca3) сопровождалось изменением профиля незаменимых аминокислот: снижение метионина на 1,28% ($P \leq 0,05$), увеличение суммы лейцина и изолейцина — 8,74 ($P \leq 0,05$), фенилаланина и треонина — 9,4 и 9,94% ($P \leq 0,001$) соответственно.

Дальнейшее добавление карбоната кальция до 25% (Ca4) угнетало состав незаменимых аминокислот, что выражалось снижением метионина на 4,78 ($P \leq 0,001$), треонина — 4,86% ($P \leq 0,05$) с тенденцией к уменьшению лейцина и изолейцина, валина, лизина.

В группе Ca1 снизилось содержание гистидина на 12,94% ($P \leq 0,01$), аргинина — 8,99 ($P \leq 0,01$), пролина — 9,54 ($P \leq 0,001$), тирозина — 10,95, серина — 12,72, аланина — 13,5 ($P \leq 0,001$), глицина — 7,99 ($P \leq 0,05$), по сравнению с контролем. В группе Ca2 наблюдали увеличение аргинина на 6,37% ($P \leq 0,05$), снижение тирозина — 3,52 ($P \leq 0,05$) и аланина — 4,94% ($P \leq 0,001$). Введение карбоната кальция в концентрации 20% (Ca3) приводило к увеличению пролина на 11,01% ($P \leq 0,01$), аланина — 8,57 ($P \leq 0,01$), глицина — 11,62% ($P \leq 0,01$). В группе Ca4 было отмечено снижение пролина на 5,54% ($P \leq 0,05$), тирозина — 2,74 ($P \leq 0,01$), серина — 2,05 ($P \leq 0,05$), аланина — 4,6 ($P \leq 0,05$) и глицина — 5,54% ($P \leq 0,001$) относительно контроля.

В ходе анализа жирнокислотного профиля мышечной ткани выявлено увеличение доли насыщенных жирных кислот в группах Ca1, Ca3 и Ca4 на 3,1, 2,6 и 2,7% соответственно, по сравнению с контролем (рис. 2). В отношении ненасыщенных жирных кислот незначительно увеличилась доля в группе Ca2 на 1,3%, но снизилась в остальных на 1,5...2,0%.

При более детальном рассмотрении установлено, что введение карбоната кальция (10...25%) изменяло жирнокислотный профиль мышечной ткани (табл. 4). Среди насыщенных жирных кислот увеличивалось содержание пальмитиновой кислоты на 43,72% ($P \leq 0,001$) в группе Ca1, 30,67 ($P \leq 0,01$) — Ca2 и 26,58% — Ca3 ($P \leq 0,05$), по отношению к контролю. Количество стеариновой кислоты повысилось на 35,0 (Ca1) и 22,4% (Ca2) ($P \leq 0,01$).

Среди мононенасыщенных жирных кислот установлен рост содержания пальмитолеиновой в группах Ca1 на 55,93% ($P \leq 0,001$), Ca2 — 49,68 ($P \leq 0,001$) и Ca4 — 27,63% ($P \leq 0,05$), Ca3 — снижение на 14,39% ($P \leq 0,05$) относительно контроля.

Жирнокислотный профиль полиненасыщенных жирных кислот характеризовался увеличением количества омега-6-ненасыщенной кислоты (линолевая) в группе Ca2 на 21,11% ($P \leq 0,01$). Линоленовая кислота (омега-3-ненасыщенная) была увеличена в 2,3 раза (Ca1) и на 74,4% — Ca3 ($P \leq 0,001$). В группе Ca2 изменение составило 34,2% ($P \leq 0,001$). Олеиновая кислота выросла практически во всех опытных группах: Ca1 — 30,78% ($P \leq 0,01$), Ca2 — 36,01 ($P \leq 0,001$), Ca4 — 25,52% ($P \leq 0,05$).

Таким образом, внесение в экструдированные отруби карбоната кальция (10...25%) влияет на белковый и жировой состав мышечной ткани, о чем свидетельствует изменение аминок- и жирнокислотного профилей.

Повышенное внимание уделяется функциональной роли и характеристикам продуктов питания для улучшения здоровья потребителей и предотвращения заболеваний, связанных с нутриентной обеспеченностью. [1] В исследовании анализировали аминок- и жирнокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров при введении в рацион экструдированных

Таблица 2.

Аминокислотный профиль (незаменимые) мышечной ткани цыплят-бройлеров под действием исследуемых факторов, г/100 г белка*

Группа	Лейцин + изолейцин	Метионин	Валин	Лизин	Фенилаланин	Треонин	Σ незаменимых аминокислот
ОР	31,94 ± 0,261	8,57 ± 0,209	7,68 ± 0,157	24,26 ± 0,209	11,82 ± 0,026	13,59 ± 0,314	98,09 ± 0,758
Ca1	28,46 ± 1,296 ^b	7,72 ± 0,467 ^b	6,53 ± 0,156 ^a	22,94 ± 0,467	10,50 ± 0,481	11,95 ± 0,026 ^a	86,11 ± 1,659
Ca2	31,04 ± 0,320 ^a	7,79 ± 0,213 ^a	7,813 ± 0,08 ^a	23,31 ± 0,320 ^a	11,57 ± 0,053	13,39 ± 0,053 ^a	94,91 ± 0,453
Ca3	34,73 ± 0,793 ^c	8,46 ± 0,056 ^a	8,04 ± 0,476	26,28 ± 1,569	12,94 ± 0,784 ^a	14,90 ± 0,168 ^c	105,35 ± 4,846
Ca4	30,94 ± 0,386	8,16 ± 0,055 ^a	7,58 ± 0,138	23,19 ± 0,248	11,58 ± 0,055	12,93 ± 0,083 ^c	94,25 ± 0,152

Примечание. *Расчеты приведены на натуральное вещество.

Таблица 3.

Аминокислотный профиль (заменимые) мышечной ткани цыплят-бройлеров под действием исследуемых факторов, г/100 г белка

Группа	Гистидин	Аргинин	Пролин	Тирозин	Серин	Аланин	Глицин	Σ заменимых аминокислот
ОР	7,11 ± 0,418	19,45 ± 1,150	12,26 ± 0,183	15,34 ± 0,288	10,22 ± 0,183	23,68 ± 0,261	16,26 ± 0,052	104,31 ± 0,235
Ca1	6,19 ± 0,752 ^b	17,70 ± 0,441 ^c	11,09 ± 0,207 ^c	13,66 ± 0,181 ^c	8,92 ± 0,207 ^c	20,48 ± 0,363 ^c	14,96 ± 0,441 ^a	93,00 ± 1,089
Ca2	7,04 ± 0,001	20,69 ± 0,053 ^b	12,56 ± 0,240	14,80 ± 0,293 ^b	10,13 ± 0,213 ^a	22,51 ± 0,107 ^c	16,51 ± 0,027	104,24 ± 0,347
Ca3	7,51 ± 0,224	23,53 ± 1,120	13,61 ± 0,280 ^b	15,91 ± 0,728	11,34 ± 0,701	25,71 ± 0,112 ^b	18,15 ± 0,224 ^b	115,77 ± 1,148
Ca4	7,28 ± 0,441	18,37 ± 0,165	11,58 ± 0,001 ^c	14,92 ± 0,083 ^b	10,01 ± 0,138 ^c	22,59 ± 0,083 ^c	15,36 ± 0,193 ^a	96,50 ± 3,668

Примечание. Гистидин и аргинин как условно-незаменимые аминокислоты.

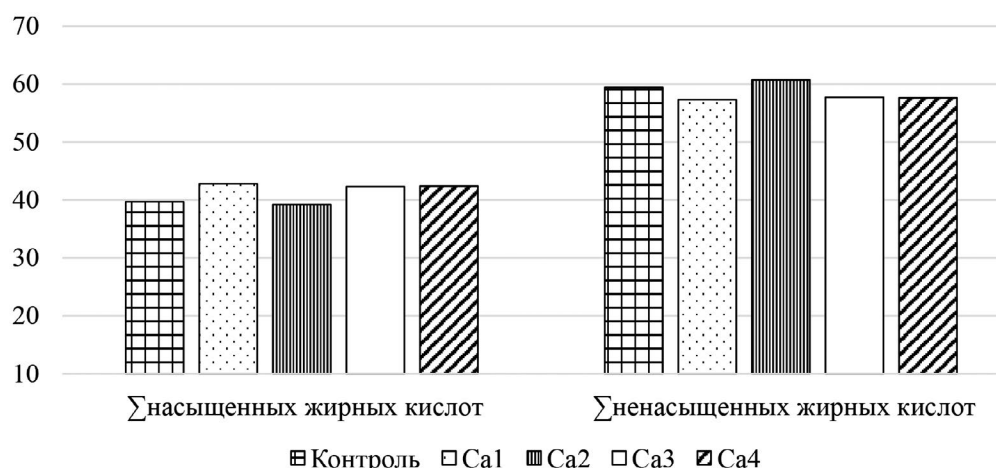


Рис. 2. Пропорции жирных кислот в общем пуле внутримышечного жира цыплят-бройлеров, %.

Таблица 4.

Содержание отдельных жирных кислот во внутримышечном жире цыплят-бройлеров, г/100 г

Жирная кислота	ОР	Ca1	Ca2	Ca3	Ca4
C16:0 пальмитиновая	4,846 ± 0,137	6,964 ± 0,449 ^a	6,332 ± 0,375 ^b	5,226 ± 0,390	6,134 ± 0,551 ^c
C16:1 пальмитолеиновая	0,461 ± 0,013	0,720 ± 0,046 ^a	0,691 ± 0,041 ^a	0,395 ± 0,029 ^c	0,589 ± 0,053 ^c
C18:0 стеариновая	2,201 ± 0,062	2,971 ± 0,192 ^b	2,694 ± 0,160 ^b	2,370 ± 0,177	2,478 ± 0,222
C18:1 олеиновая	5,857 ± 0,166	7,660 ± 0,494 ^b	7,967 ± 0,472 ^a	5,782 ± 0,431	7,352 ± 0,660 ^c
C18:2 линолевая	4,278 ± 0,121	4,689 ± 0,302	5,181 ± 0,307 ^b	4,005 ± 0,299	3,656 ± 0,328
C18:3 линоленовая	0,103 ± 0,007	0,232 ± 0,015 ^a	0,138 ± 0,008 ^a	0,180 ± 0,013 ^a	0,102 ± 0,009

пшеничных отрубей и карбоната кальция. Пшеничные отруби состоят из внешней цветочной и семенной оболочек, алейронового слоя и зернового зародыша. Их используют для увеличения доли клетчатки, в составе которой выделяют углеводные полимеры (целлюлоза, арабиноксилан). [9] Из-за прочных связей с другими компонентами отрубей и высокой молекулярной массы они устойчивы к воздействию эндогенных ферментов в тонком кишечнике, в толстом наблюдается частичная ферментация клетчатки. При экструзии происходят структурные изменения и физико-химическая модификация (декстринизация крахмала, денатурация белков, окисление липидов). [21] Экструзия выступает эффективной стратегией для модификации и солюбилизации клетчатки, открывая алейроновые клетки, разлагая фитат и увеличивая содержание экстрагируемого водой арабиноксилана и β-глюкана. [5, 21] Сложноэфирные связи между фенольными соединениями и другими клеточными компонентами частично гидролизуются, указывая на высокий антиоксидантный потенциал. [17]

В нашем исследовании цыплят-бройлеров кормили пшенично-кукурузным комбикормом. Концентрация фитиновой кислоты в пшеничных отрубях – 2,0...5,3%. Высокое ее количество ограничивает доступность фосфора. [7, 16] У птицы отсутствует значительное количество эндогенной фитазы (фермент, необходимый для расщепления фитата и высвобождения связанного с ним фосфора). Экструзионная обработка снижает уровень фитина, что впоследствии делает фосфор более доступным для цыплят. [22] Это может нарушить соотношение с ним кальция, поставить под угрозу продуктивность бройлеров. Ввод дополнительного карбо-

ната кальция способствовал нивелированию данного эффекта.

Фитат несет сильный отрицательный заряд и имеет большое сродство с некоторыми двухвалентными катионами. При увеличении кальция в рационе, Ca²⁺ как доминирующий катион, соответственно вступая в хелатное взаимодействие с фитатом, будет образовывать Са-фитатные комплексы. Их формирование снижает биодоступность как Са, так и Р. Карбонат кальция – наиболее распространенный источник Са в рационе птицы, а благодаря своей высокой кислотосвязывающей способности повышает рН желудочно-кишечного тракта, что благоприятствует образованию комплексов Са-фитат и фитат-Са-протеин, приводит к снижению переваримости Р и аминокислот. [7] Установлено, что экструзионная обработка способствует распаду фитатов и снижению их содержания в пшеничных отрубях. [12] Мы ввели комплекс экстрадированных отрубей и карбоната кальция. Изменение amino- и жирнокислотного профилей связаны с пищеварительными процессами (снижение Са-фитатных комплексов, нивелирование дисбаланса Са/Р взаимоотношений).

Рассматривая механизмы гомеостаза кальция и то, что солюбилизация Са в желудочно-кишечном тракте зависит от рН, можно предположить еще один механизм воздействия введенного комплекса. Экструзия повышает содержание экстрагируемого водой арабиноксилана и β-глюкана, а также влияет на пребиотический потенциал компонентов. [5, 12] Растительные волокна, попадающие в нижний отдел кишечника, приводят к изменению его микробиома из-за ферментации клетчатки до короткоцепочечных жирных

кислот. Абсорбция кальция в кишечнике в ионной форме — важный процесс для поддержания гомеостаза кальция. Пассивное всасывание характеризуется перемещением ионов Ca из просвета кишечника в кровоток по химическому градиенту через пространства между клетками, активное — проходит в тощей и подвздошной кишках при низких концентрациях кальция в пище. [11] Когда потребление кальция высокое или адекватное, преобладает пассивный транспорт. [18] Среда с пониженным pH также снижает образование комплексов минералов (фосфаты кальция). Внеклеточный кальций обеспечивает метаболические процессы. Он входит в состав желчных солей и принимает участие в активации пищеварительных ферментов. Секрция эндогенных ферментов — высокоэнергетический процесс, требующий выработки митохондриями достаточного количества АТФ. Глюкоза играет центральную роль в обеспечении клеток энергией, вступая в гликолиз превращением в глюкозо-6-фосфат с помощью гексокиназы. Это первый этап гликолитической цепи, ведущий к выработке пирувата, обеспечивающий образование митохондриальной АТФ, которое считается Ca^{2+} -зависимым процессом. В матриксе Ca^{2+} стимулирует ферменты цикла Кребса, участвующие в активации продукции АТФ. [15]

Таким образом, с добавлением кальция в рацион, содержащий экструдированные пшеничные отруби, происходит цикл каскадных реакций оптимизации метаболических процессов жирового и белкового обмена, что отражается на пищевой ценности мяса. [1]

Существуют доказательства того, что энергетический баланс — важнейший фактор поддержания здоровья и обеспечения оптимального питания, независимо от распределения макронутриентов в процентном отношении к общему количеству жиров и углеводов. Известно, что жирнокислотный состав продуктов животного происхождения зависит не только от биосинтеза в тканях, но и от жирнокислотного состава поступивших в организм липидов. У моногастричных животных состав липидов мышечной ткани — результат абсорбции, синтеза *de novo* и β -окисления жирных кислот в ходе экспрессии липогенных ферментов. [10, 14] Преобладающие жирные кислоты в составе мышечной ткани — пальмитиновая (C16:0), олеиновая (C18:1) и линолевая (C18:2). На их долю приходилось более 80% общего количества жирных кислот, что согласуется с результатами более ранних исследований. [13] Введение экструдата в сочетании с карбонатом кальция (10 и 15%) приводило к увеличению содержания внутримышечного жира, что непосредственно отразится на сочности и текстуре мяса. [16] Важно учитывать состав жирных кислот на основании характера связи атомов углерода. Во всех группах, за исключением Ca3, установлено увеличение содержания насыщенных жирных кислот, в частности пальмитиновой. Мононенасыщенные жирные кислоты были повышены в группах Ca1, Ca2 и Ca4. Сдвиг насыщенных жирных кислот в сторону полиненасыщенных приводит к снижению концентрации холестерина, связанного с липопротеинами низкой плотности, что уменьшает риск развития атеросклероза у потребителей.

Еще один фактор, который мы учитывали при анализе мышечной ткани — состав и количество аминокислот. В группе Ca3 были более высокие показатели

незаменимых аминокислот (лейцин+изолейцин, метионин, фенилаланин, треонин) и заменимых (пролин, аланин, глицин). Аминокислотный профиль в группах Ca1 и Ca2 характеризовался снижением незаменимых и заменимых кислот. В группе Ca4 изменения носили схожий характер в отношении заменимых аминокислот, среди незаменимых снижались треонин.

Установлено, что комбинация экструдированных отрубей с 10 и 15% карбонатом кальция приводила к увеличению насыщенных жирных кислот и мононенасыщенных на фоне изменения аминокислотного профиля (снижение содержания незаменимых аминокислот). То же выявлено при введении экструдированных отрубей с карбонатом кальция в дозировке 25%.

Таким образом, перечисленные стратегии неоднозначно влияли на аминокислотный и жирнокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. С учетом изложенных фактов и рекомендаций Всемирной организации здравоохранения по увеличению потребления полиненасыщенных жирных кислот и снижению насыщенных, оптимальная дозировка ввода карбоната кальция в часть экструдированных отрубей — 20% (Ca3).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нечитайло К.С., Сизова Е.А. Влияние мультиэнзимной кормовой добавки на продуктивные показатели, переваримость и химический состав тела цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 148—157. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-148>
2. Околелова Т.М., Енгашев С.В., Салгереев С.М. Факторы питания, влияющие на состояние органов пищеварения у птицы // Птицеводство. 2017. № 6. С. 44—49.
3. Сизова Е.А., Нечитайло К.С. Формирование антибиотикорезистентности в условиях интенсивного птицеводства // Птицеводство. 2024. № 5. С. 57—62. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62>
4. Холодилина Т.Н., Курилкина М.Я., Атланדרова К.Н. Экструзионная обработка как фактор, определяющий аминокислотный состав различных компонентов корма для цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 74—81.
5. Andersson AAM, Andersson R., Jonsäll A. et al. Effect of Different Extrusion Parameters on Dietary Fiber in Wheat Bran and Rye Bran // J Food Sci. 2017. № 82(6). P. 1344—1350. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13741>
6. Antunes IC, Quaresma MAG, Ribeiro MF et al. Effect of immunocastration and caponization on fatty acid composition of male chicken meat // Poult Sci. 2019. № 98(7). P. 2823—2829. <https://doi.org/10.3382/ps/pez034>
7. Bradbury EJ, Wilkinson SJ, Cronin GM et al. Nutritional geometry of calcium and phosphorus nutrition in broiler chicks. Growth performance, skeletal health and intake arrays // Animal. 2014. № 8(7). P. 1071—9. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001037>
8. Cheng W., Sun Y., Fan M. et al. Wheat bran, as the resource of dietary fiber: a review // Crit Rev Food Sci Nutr. 2022. № 62(26). P. 7269—7281. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913399>
9. Dalile B., La Torre D, Kalc P. et al. Extruded Wheat Bran Consumption Increases Serum Short-Chain Fatty Acids but Does Not Modulate Psychobiological Functions in Healthy Men: A Randomized, Placebo-Controlled Trial // Front Nutr. 2022. № 26(9). P. 896154. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.896154>

10. Daszkiewicz T., Murawska D., Kubiak D., Han J. Chemical Composition and Fatty Acid Profile of the Pectoralis major Muscle in Broiler Chickens Fed Diets with Full-Fat Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal. *Animals* (Basel). 2022. № 12(4). P. 464. <https://doi.org/10.3390/ani12040464>.
11. David LS, Anwar MN, Abdollahi MR et al. Calcium Nutrition of Broilers: Current Perspectives and Challenges // *Animals* (Basel). 2023. № 13(10). P. 1590. <https://doi.org/10.3390/ani13101590>.
12. Demuth T., Edwards V., Bircher L. et al. In vitro Colon Fermentation of Soluble Arabinoxylan Is Modified Through Milling and Extrusion // *Front Nutr*. 2021. № 8. P. 707763. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.707763>
13. El-Tarabany MS, Ahmed-Farid OA, El-Bahy SM et al. Muscle oxidative stability, fatty acid and amino acid profiles, and carcass traits of broiler chickens in comparison to spent laying hens // *Front Vet Sci*. 2022. № 9. P. 948357. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.948357>
14. Gallardo MA, Pérez DD, Leighton FM. Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil // *Biol Res*. 2012. № 45(2). P. 149–161. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602012000200007>
15. Gerasimenko JV, Gerasimenko OV. The role of Ca²⁺ signaling in the pathology of exocrine pancreas // *Cell Calcium*. 2023. № 112. P. 102740. <https://doi.org/10.1016/j.ceca.2023.102740>
16. Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains // *J Food Sci Technol*. 2015. № 52(2). P. 676–84. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>
17. Kong C., Duan C., Zhang S. et al. Effects of Co-Modification by Extrusion and Enzymatic Hydrolysis on Physicochemical Properties of Black Wheat Bran and Its Prebiotic Potential // *Foods*. 2023. № 12(12). P. 2367. <https://doi.org/10.3390/foods12122367>
18. Matuszewski A., Łukasiewicz M., Niemiec J. et al. Calcium Carbonate Nanoparticles-Toxicity and Effect of In Ovo Inoculation on Chicken Embryo Development, Broiler Performance and Bone Status // *Animals* (Basel). 2021. № 11(4). P. 932. <https://doi.org/10.3390/ani11040932>
19. Mir NA, Rafiq A., Kumar F. et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *J Food Sci Technol*. 2017. № 54(10). P. 2997–3009. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z>
20. Mottet A., Tempio G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges // *World's Poultry Science Journal*. 2017. № 73. P. 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>.
21. Roye C., Henrion M., Chanvrier H. et al. Extrusion-Cooking Modifies Physicochemical and Nutrition-Related Properties of Wheat Bran // *Foods*. 2020. № 9(6). P. 738. <https://doi.org/10.3390/foods9060738>
22. Zare-Sheibani A.A., Arab M., Zamiri M.J. et al. Effects of extrusion of rice bran on performance and phosphorous bioavailability in broiler chickens // *J Anim Sci Technol*. 2015. № 57. P. 26. <https://doi.org/10.1186/s40781-015-0059-z>
2. Okolelova T.M., Engashev S.V., Salgereev S.M. Faktory pitaniya, vliyayushchie na sostoyanie organov pishchevareniya u pticy // *Pticevodstvo*. 2017. № 6. S. 44–49
3. Sizova E.A., Nechitajlo K.S. Formirovanie antibiotikorezistentnosti v usloviyah intensivnogo pticevodstva // *Pticevodstvo*. 2024. № 5. S. 57–62. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62>
4. Holodilina T.N., Kurilkina M.Ya., Atlanderova K.N. Ekstruzionnaya obrabotka kak faktor, opredelyayushchij aminokislotsnyy sostav razlichnykh komponentov korma dlya cyplyat-brojlerov // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2022. T. 105. № 1. S. 74–81.
5. Andersson AAM, Andersson R., Jonsäll A. et al. Effect of Different Extrusion Parameters on Dietary Fiber in Wheat Bran and Rye Bran // *J Food Sci*. 2017. № 82(6). P. 1344–1350. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13741>
6. Antunes IC, Quaresma MAG, Ribeiro MF et al. Effect of immunocastration and caponization on fatty acid composition of male chicken meat // *Poult Sci*. 2019. № 98(7). P. 2823–2829. <https://doi.org/10.3382/ps/pez034>
7. Bradbury EJ, Wilkinson SJ, Cronin GM et al. Nutritional geometry of calcium and phosphorus nutrition in broiler chicks. Growth performance, skeletal health and intake arrays // *Animal*. 2014. № 8(7). P. 1071–9. <https://doi.org/10.1017/S175173114001037>
8. Cheng W., Sun Y., Fan M. et al. Wheat bran, as the resource of dietary fiber: a review // *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2022. № 62(26). P. 7269–7281. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913399>
9. Dalile B., La Torre D, Kalc P. et al. Extruded Wheat Bran Consumption Increases Serum Short-Chain Fatty Acids but Does Not Modulate Psychobiological Functions in Healthy Men: A Randomized, Placebo-Controlled Trial // *Front Nutr*. 2022. № 26(9). P. 896154. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.896154>
10. Daszkiewicz T., Murawska D., Kubiak D., Han J. Chemical Composition and Fatty Acid Profile of the Pectoralis major Muscle in Broiler Chickens Fed Diets with Full-Fat Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal. *Animals* (Basel). 2022. № 12(4). P. 464. <https://doi.org/10.3390/ani12040464>.
11. David LS, Anwar MN, Abdollahi MR et al. Calcium Nutrition of Broilers: Current Perspectives and Challenges // *Animals* (Basel). 2023. № 13(10). P. 1590. <https://doi.org/10.3390/ani13101590>.
12. Demuth T., Edwards V., Bircher L. et al. In vitro Colon Fermentation of Soluble Arabinoxylan Is Modified Through Milling and Extrusion // *Front Nutr*. 2021. № 8. P. 707763. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.707763>
13. El-Tarabany MS, Ahmed-Farid OA, El-Bahy SM et al. Muscle oxidative stability, fatty acid and amino acid profiles, and carcass traits of broiler chickens in comparison to spent laying hens // *Front Vet Sci*. 2022. № 9. P. 948357. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.948357>
14. Gallardo MA, Pérez DD, Leighton FM. Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil // *Biol Res*. 2012. № 45(2). P. 149–161. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602012000200007>
15. Gerasimenko JV, Gerasimenko OV. The role of Ca²⁺ signaling in the pathology of exocrine pancreas // *Cell Calcium*. 2023. № 112. P. 102740. <https://doi.org/10.1016/j.ceca.2023.102740>
16. Gupta RK, Gangoliya SS, Singh NK. Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains // *J Food Sci Technol*. 2015. № 52(2). P. 676–84. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>

REFERENCES

17. Kong C., Duan C., Zhang S. et al. Effects of Co-Modification by Extrusion and Enzymatic Hydrolysis on Physicochemical Properties of Black Wheat Bran and Its Prebiotic Potential // Foods. 2023. № 12(12). P. 2367. <https://doi.org/10.3390/foods12122367>
18. Matuszewski A., Łukasiewicz M., Niemiec J. et al. Calcium Carbonate Nanoparticles-Toxicity and Effect of In Ovo Inoculation on Chicken Embryo Development, Broiler Performance and Bone Status // Animals (Basel). 2021. № 11(4). P. 932. <https://doi.org/10.3390/ani11040932>
19. Mir NA, Rafiq A., Kumar F. et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. J Food Sci Technol. 2017. № 54(10). P. 2997–3009. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z>
20. Mottet A., Tempio G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges // World's Poultry Science Journal. 2017. № 73. P. 1–12. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
21. Roye C., Henrion M., Chanvrier H. et al. Extrusion-Cooking Modifies Physicochemical and Nutrition-Related Properties of Wheat Bran // Foods. 2020. № 9(6). P. 738. <https://doi.org/10.3390/foods9060738>
22. Zare-Sheibani A.A., Arab M., Zamiri M.J. et al. Effects of extrusion of rice bran on performance and phosphorous bio-availability in broiler chickens // J Anim Sci Technol. 2015. № 57. P. 26. <https://doi.org/10.1186/s40781-015-0059-z>

Поступила в редакцию 21.06.2024

Принята к публикации 05.07.2024

УДК 547.745:542.91:615.014.43

DOI: 10.31857/S2500208224060194, EDN: WSNCSK

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТАБОЛИТНОГО ПРОБИОТИКА БИОСИБ МЕТАПРО НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Александр Николаевич Швыдков^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук

Ольга Игоревна Себежко¹, кандидат биологических наук

Анна Ивановна Калмыкова¹, доктор биологических наук

Юлия Александровна Гуляева², кандидат химических наук

Александр Дмитриевич Ткачёв^{1,2}, аспирант

Полина Евгеньевна Кожевникова^{1,2}, магистрант

Диана Алексеевна Александрова¹, аспирант

Виктория Валерьевна Домнышева¹, аспирант

¹ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

²ООО ПО «Сиббиофарм», Новосибирская обл., Россия

E-mail: humertrack@mail.ru

Аннотация. В работе изучено влияние метаболитного пробиотика (метанпробиотик) Биосиб МЕТАПРО, разработанного на основе комплекса культур *Bifidobacterium longum* и *Lactobacillus plantarum* в ООО ПО «Сиббиофарм» на показатели белкового обмена у цыплят-бройлеров. Исследование проводили на цыплятах кросса Росс 308 с 6- до 35-дневного возраста контрольной и трех опытных групп, которым дополнительно выпаивали Биосиб МЕТАПРО в разных дозах. Количественную оценку показателей белкового обмена в сыворотке крови птицы осуществляли фотометрически с помощью наборов реагентов Вектор-Бест. Содержание общего белка, альбумина, глобулина, соотношения альбумин/глобулин, активность аланинаминотрансферазы (АлТ) и аспартатаминотрансферазы (АсТ), коэффициента де Ритиса и креатинина у цыплят-бройлеров находились в общепринятых границах физиологической нормы для птицы данного возраста или отклонялись незначительно. Статистический анализ выявил влияние метанпробиотика на общий белок, А/Г соотношение, АлТ, АсТ, коэффициент де Ритиса и креатинин. Наиболее выраженные изменения наблюдали у цыплят, получавших Биосиб МЕТАПРО в дозе 0,05%. Максимальное число различий установлено между контрольной и первой опытной (Биосиб МЕТАПРО – 0,05%) группами. При выпаивании препарата в этой дозировке у цыплят-бройлеров повышается уровень общего белка на 9,97 г/л, изменяется А/Г соотношение, увеличивается активность АлТ на 1,32 ммоль/л·ч, уменьшается АсТ на 3,76 ммоль/л·ч, нормализуется коэффициент де Ритиса и повышается уровень креатинина на 13,2 мкмоль/л ($p < 0,05$). Результаты исследования демонстрируют положительное действие метаболитного пробиотика Биосиб МЕТАПРО на белковый обмен у цыплят-бройлеров, что может способствовать повышению эффективности и устойчивости производства мяса птицы.

Ключевые слова: метанпробиотик, цыплята-бройлеры, кросс Росс 308, белковый обмен

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE METABOLITIC PROBIOTIC BIOSIB METAPRO ON PROTEIN METABOLISM INDICATORS IN BROILER CHICKENS

A.N. Shvydkov^{1,2}, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

O.I. Sebezhko¹, *PhD in Biological Sciences*

A.I. Kalmykova¹, *Grand PhD in Biological Science*

Yu.A. Gulyaeva², *PhD in Chemical Science*

A.D. Tkachev^{1,2}, *PhD Student*

P.E. Kozhevnikova^{1,2}, *Master Student*

D.A.Alexandrova¹, PhD Student

V.V. Domnysheva¹, PhD Student

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²PA Sibbiopharm LLC, Novosibirsk region, Russia

E-mail: humertrack@mail.ru

Abstract. The paper presents data on the study of the influence of the metabolic probiotic (metaprobiotic) Biosib METAPRO, developed based on a complex of cultures *Bifidobacterium longum* and *Lactobacillus plantarum* at LLC "Sibbiopharm", on the indicators of protein metabolism in broiler chickens. The study was conducted on Ross 308 cross chickens from 6 days to 35 days of age, using four groups: control and three experimental groups, to which Biosib METAPRO was additionally administered in different doses. The quantitative assessment of protein metabolism indicators in the blood serum of birds was performed photometrically using Vector-Best reagent kits. It was established that the levels of total protein, albumin, globulin, albumin/globulin ratio, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), de Ritis coefficient, and creatinine in broiler chickens were within the generally accepted physiological norms for birds of this age or showed insignificant deviations. Statistical analysis revealed a significant influence of the metaprobiotic on total protein, A/G ratio, ALT, AST, de Ritis coefficient, and creatinine. The most pronounced changes were observed in chickens receiving Biosib METAPRO at a dose of 0.05%. The greatest number of differences was found between the control and the 1st experimental (Biosib METAPRO at a dose of 0.05%) groups. When administering the preparation at this dosage to broiler chickens, the level of total protein increases by 9.97 g/l, there is a change in A/G ratio, an increase in ALT activity by 1.32 mmol/l·h, a decrease in AST by 3.76 mmol/l·h, normalization of the de Ritis coefficient, and an increase in the level of creatinine by 13.2 µmol/l ($p < 0.05$). The results of the study demonstrate the positive influence of the metabolic probiotic Biosib METAPRO on protein metabolism in broiler chickens, which may contribute to increasing the efficiency and sustainability of poultry meat production.

Keywords: metaprobiotics, broiler chickens, cross Ross 308, protein metabolism

Птицеводство в Российской Федерации — один из ключевых секторов сельского хозяйства, обеспечивающий значительную часть потребности населения в мясе птицы. [15] В 2020 году уровень самообеспеченности России мясом птицы превысил 100%, что позволило наращивать экспортные поставки. В 2023 году производство мяса птицы всех видов снизилось на 0,1% — до 5,3 млн т из-за сложной экономической ситуации и вспышек птичьего гриппа. [9] Требуется разработка методов, направленных на повышение скорости роста птицы, снижение заболеваемости, сохранности поголовья и получения экологически безопасной продукции. Широкое и бесконтрольное внедрение в практику птицеводческих хозяйств различных антибиотиков привело к возникновению резистентных к ним штаммов бактерий-возбудителей болезней инфекционной этиологии. Поиск альтернатив антибиотикам — актуальная задача современного промышленного птицеводства.

Один из эффективных и устойчивых подходов повышения продуктивности и здоровья птицы — использование пробиотиков и метапробиотиков. [3, 14] Такие препараты способствуют пищеварению и метаболизму, что ведет к более эффективному усвоению питательных веществ и улучшению общего состояния животных, а также повышению качества продукции и снижению вредных выбросов, делая птицеводство экологичным. [5, 19] При использовании пробиотиков снижается необходимость в антимикробных средствах, что важно для обеспечения безопасности пищевых продуктов и предотвращения развития резистентности к антибиотикам. Пробиотики также поддерживают сбалансированный микробиом кишечника, который играет решающую роль в функционировании иммунной системы и профилактике заболеваний. [17] Структура микробиома влияет на деструкцию микотоксинов, усвояемость аминокислот, синтез органических кислот, витаминов. [4] Использование метапробиотиков изменяет биохимический состав крови. [8] Наиболее важные — белковые фракции, так как дефицит белоксодержащих компонентов лимитирует метаболизм животных, в том числе сельскохозяйственной птицы. [2] Полипептиды составляют основу структуры органов и систем, из аминокис-

лот образуется множество биохимических веществ, необходимых для превращений в организме. [16]

Пищевые белки расщепляются эндогенными пищеварительными ферментами до ди- или трипептидов и свободных аминокислот в просвете тонкой кишки, затем всасываются в кровь и лимфу через эпителиальные клетки кишечника с помощью различных транспортеров. [18, 19] Микроорганизмы участвуют не только в катаболизме белков, но и анаболизме аминокислот, особенно незаменимых. [12] Метапробиотики регулируют эти процессы, обеспечивая поступление экзогенных протеаз, аминокислот и пептидных переносчиков, снижая содержание токсичных веществ в продуктах питания. [13, 20] Основной механизм их действия — модуляция состава кишечных микроорганизмов путем их колонизации и исключения патогенных микроорганизмов. [1]

Цель работы — оценка влияния метаболитного пробиотика (метапробиотик) Биосиб МЕТАПРО, разработанного на основе комплекса культур *Bifidobacterium longum* и *Lactobacillus plantarum* в ООО ПО «Сиббиофарм» на показатели белкового обмена у цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2022–2024 годах на кафедре ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ и опытным участке производственного объединения ООО ПО «Сиббиофарм», клинические испытания на цыплятах-бройлерах кросса Росс 308 — в сентябре–декабре 2023 года в условиях птицеводческого предприятия Кемеровской области.

Препарат Биосиб МЕТАПРО разработан на основе пробиотических штаммов лакто- и бифидобактерий (*Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis*).

Цыплят в суточном возрасте распределили по методу аналогов на группы (n=230) — контрольную и три опытные. Продолжительность эксперимента — 42 дн. В работе использовали методику проведения науч-

Таблица 1.

Схема опыта

Группа (n = 230)	Фактор
Контроль	Полнорацционный комбикорм по фазам выращивания (ПК)
Первая	ПК + препарат Биосиб МЕТАПРО – 0,05%
Вторая	ПК + препарат Биосиб МЕТАПРО – 0,1%
Третья	ПК + препарат Биосиб МЕТАПРО – 0,2%

ных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. [6]

Птицам скармливали полноценный рацион с учетом рекомендаций поставщиков кросса и норм ВНИ-ТИП по фазам выращивания. Цыплятам опытных групп дополнительно выпаивали препарат Биосиб МЕТАПРО в различных дозах, согласно схеме опыта, с 6- до 35-дневного возраста курсами по пять дней с двухдневным перерывом (табл. 1).

Условия содержания цыплят-бройлеров всех групп были одинаковыми с соблюдением зоогигиенических норм, плотность посадки – 15 гол./м². Кормили птицу полнорацционным комбикормом производства ООО «Комбикормовый завод VEGA».

Параметры показателей сыворотки крови определяли на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010V5+ (ROBERT RIELE GmbH & Co KG, Германия), содержание белковой фракции – с помощью реактивов, производимых АО «Вектор-Бест», (Новосибирская обл., Россия), концентрацию общего белка – биуретовым методом, альбуминов – бромкрезоловым. На основании полученных данных рассчитали глобулины и альбумин-глобулиновый коэффициент. Активность аланинаминотрансферазы (АлТ) и аспарагинаминотрансферазы (АсТ) измеряли по Райтману-Френкелю, креатинина – методом Яффе. Коэффициент де Ритиса находили из отношения АсТ к АлТ.

Исходные данные были проверены на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка. В случае нормального распределения брали стандартные методы описательной статистики, где были получены среднее арифметическое ($\bar{X}$), ошибка среднего арифметического ($\pm Sx$) для каждого из параметров, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации.

Межгрупповые сравнения проводили однофакторным дисперсионным анализом с дальнейшим апостериорным (метод Данна) с использованием критерия

Тьюки. При распределении признаков отличающимся от нормального применяли критерий Краскера-Уоллиса, учитывали поправку Холма. Данные статистически обрабатывали в программах Excel и среде R studio.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении показателей белкового обмена у цыплят-бройлеров в большинстве случаев распределение признаков было нормальным (табл.2).

Отличным от нормального было содержание альбуминов в третьей опытной группе, соотношение альбуминов к глобулинам во второй, активность аспаратаминотрансферазы (АсТ) в контроле. Для признаков с нормальным распределением представлены стандартные показатели описательной статистики (табл. 3, 4).

Значения общего белка в сыворотке крови всех цыплят-бройлеров находились в пределах общепринятой физиологической нормы (25...40 г/л). У птиц второй группы отмечено незначительное снижение до 21,42 г/л. Нормальный диапазон содержания альбуминов у здоровых цыплят-бройлеров – 20...34% общего белка сыворотки крови. Во всех группах птицы медиана альбумина была в указанном диапазоне, доля глобулинов (кроме второй) превосходила альбумины. Наибольшие значения глобулинов – в первой группе, альбумин-глобулинового соотношения – второй.

Норма альбумин-глобулинового соотношения у цыплят-бройлеров – 0,8:1,3. В первой и третьей группах отмечается его снижение из-за высокого уровня глобулинов.

Оценка активности ферментов – важный показатель при изучении белкового обмена, позволяет судить о регуляции и гомеостазе биохимических процессов, необходимых для синтеза, распада и утилизации белков в организме. [7] При оценке ферментативного статуса изучили активность АлТ и АсТ, которые играют центральную роль в промежуточном обмене аминокислот, катализируя обратимый перенос аминокислот между аминокислотами и оксокислотами, обеспечивая поддержание гомеостаза аминокислот и их доступность для синтеза белков.

У птиц имеются существенные отличия в интерпретации активности ферментов крови, по сравнению с млекопитающими. Например, АлТ не считается печеночно-специфичным ферментом у птиц. Полученные нами данные по активности ферментов переаминирования соотносятся с данными других исследователей. [11]

Таблица 2.

Результаты тестирования на нормальность распределения показателей белкового обмена сыворотки крови цыплят-бройлеров – критерий Шапиро-Уилка (SWp)

Показатель	Группа			
	первая	вторая	третья	контроль
Общий белок, г/л	0,90702 (0,449)	0,78005 (0,3738)	0,90343 (0,4291)	0,89326 (0,3738)
Альбумины, г/л	0,87691 (0,2955)	0,94108 (0,6736)	0,74644 (0,02758)	0,96208 (0,8224)
Глобулины, г/л	0,92131 (0,5384)	0,95243 (0,7546)	0,79639 (0,0757)	0,97786 (0,9229)
Соотношение альбумины/глобулины	0,995019 (0,7386)	0,72961 (0,0196)	0,87072 (0,2693)	0,9002 (0,6898)
Аланинаминотрансфераза (АлТ), ммоль/л*ч	0,92484 (0,5616)	0,92776 (0,5812)	0,9645 (0,8389)	0,8481 (0,1672)
Аспарагинаминотрансфераза (АсТ), ммоль/л*ч	0,90777 (0,4543)	0,88693 (0,3419)	0,92715 (0,5771)	0,6713 (0,04681)
Коэффициент де Ритиса	0,70636 (0,1145)	0,82347 (0,1242)	0,9539 (0,9261)	0,92257 (0,5487)
Креатинин, мкмоль/л	0,8431 (0,2129)	0,9426 (0,8932)	0,9312 (0,762)	0,8917 (0,5396)

Таблица 3.

Содержание и изменчивость показателей белкового обмена в сыворотке крови цыплят-бройлеров с метапробиотиком Биосиб МЕТАПРО

Группа	Me	IQR	Вариацион- ный размах	Me	IQR	Вариацион- ный размах
Общий белок, г/л			Альбумины, г/л			
Первая	33,6	5,88	11,2	12,1	6,73	8,81
Вторая	21,42	5,18	16,8	10,84	2,65	10,1
Третья	27,2	5,32	13,02	9,21	3,67	12,71
Контроль	25,06	4,34	6,16	10,47	3,4	7,51
Глобулины, г/л			Соотношение А/Г			
Первая	20,7	6,85	10,0	0,63	0,394	0,6845
Вторая	10,2	9,97	22,89	0,99	1,05	4,8831
Третья	15,7	1,03	7,42	0,57	0,18	0,9452
Контроль	13,6	3,69	11,85	0,9	0,25	2,0526
АлТ ммоль/л*ч			АсТ ммоль/л*ч			
Первая	2,20	4,00	4,204	4,7	0,26	1,00
Вторая	6,00	2,272	4,605	4,96	0,52	0,82
Третья	1,50	0,701	1,302	7,82	4,02	7,08
Контроль	0,70	1,502	1,902	8,46	0,2	1,52
Коэффициент де Ритиса			Креатинин, мкмоль/л			
Первая	2,12	5,73	6,77	48,3	8,4	10,8
Вторая	0,74	0,65	1,02	38,33	1,6	8,4
Третья	4,11	1,502	4,328	33,88	4,6	13,4
Контроль	12,1	16,2	24,984	31,43	2,7	20,3

Примечание. Me — медиана, IQR — межквартильный размах.

Таблица 4.

Показатели белкового обмена в сыворотке крови цыплят-бройлеров с метапробиотиком Биосиб МЕТАПРО

Группа	$\bar{x} \pm Sx$	σ	Cv, %	$\bar{x} \pm Sx$	σ	Cv, %
Общий белок, г/л			Альбумины, г/л			
Первая	34,05 ± 2,08	4,65	13,65	13,35 ± 1,79	3,99	29,88
Вторая	25,26 ± 3,14	7,02	27,79	11,83 ± 1,7	3,78	31,95
Третья	29,04 ± 2,33	5,22	17,98			
Контроль	24,08 ± 1,21	2,72	11,29	11,4 ± 1,32	2,96	25,94
Глобулины, г/л			Соотношение А/Г			
Первая	20,7 ± 1,93	4,32	20,87	0,68 ± 0,123	0,28	41,17
Вторая	13,42 ± 3,1	7,02	52,3			
Третья	16,72 ± 1,3	2,9	17,34	0,76 ± 0,168	0,38	49,97
Контроль	12,67 ± 1,98	4,43	34,96	1,1 ± 0,2	0,45	40,1
АлТ ммоль/л · ч			АсТ ммоль/л · ч			
Первая	2,56 ± 0,47	1,06	41,4	4,7 ± 0,17	0,17	3,6
Вторая	5,38 ± 0,86	1,92	35,68	4,79 ± 0,16	0,16	3,34
Третья	1,62 ± 0,101	0,23	14,19	6,56 ± 1,38	1,37	20,88
Контроль	1,101 ± 0,13	0,28	27,72			
Коэффициент де Ритиса			Креатинин, мкмоль/л			
Первая	3,78 ± 0,57	1,28	33,86	46,0 ± 2,24	4,99	10,84
Вторая	1,01 ± 0,07	0,16	15,54	37,72 ± 2,24	3,25	8,61
Третья	4,01 ± 0,46	1,05	26,18	33,88 ± 1,46	5,18	15,28
Контроль	13,74 ± 3,39	7,68	55,89	32,81 ± 3,47	7,76	23,65

Примечание. $\bar{x} \pm Sx$ — среднее арифметическое отклонение и его ошибка, σ — среднее квадратическое, Cv — коэффициент вариации.

Таблица 5. Влияние фактора метапробиотика Биосиб МЕТАПРО на уровень показателей белкового обмена у цыплят-бройлеров

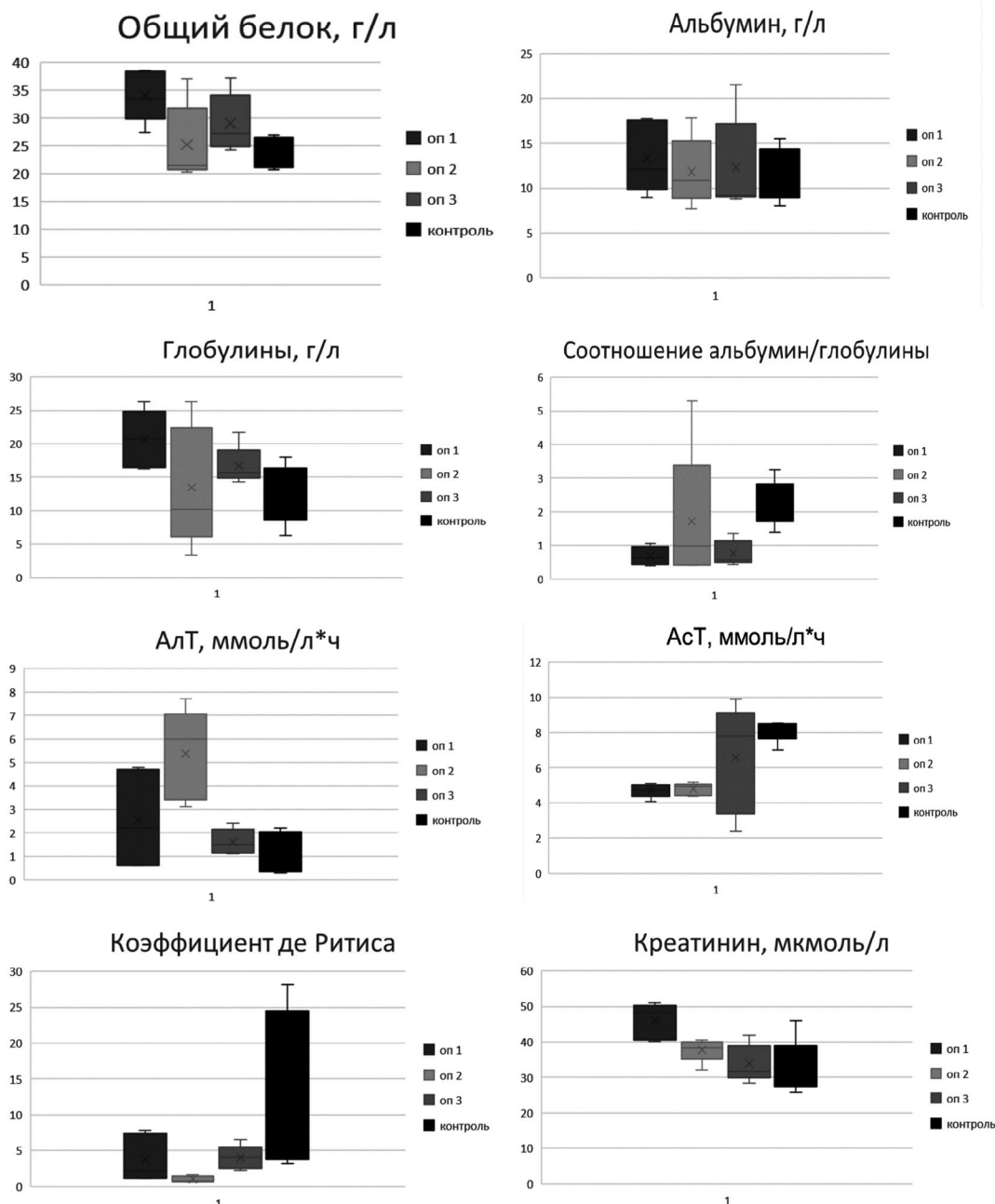
Показатель	Вариация признака	SS	df	Средний квадрат	F	p-value
Общий белок	Между группами	302,51	3	100,8391	3,8129	0,03092*
	Внутри групп	423,14	16	25,4468		
Глобулины	Между группами	201,2	3	67,05	2,091	0,142
	Внутри групп	513,1	16	32,07		
	Внутри групп	167889	16	10493		
АлТ	Между группами	0,6177	3	0,20591	8,103	0,00165 *
	Внутри групп	0,4066	16	0,02541		
Коэффициент де Ритиса	Между группами	465,56	3	155,18	4,85	0,01376*
	Внутри групп	511,56	16	31,97		
Креатинин	Между группами	535,56	3	178,52	5,8077	0,006973*
	Внутри групп	491,81	16	30,73		

Примечание. df — число степеней свободы, SS — сумма квадратов, F — критерий Фишера, * p < 0,05 — статистически значимые различия (то же в табл. 7, 8).

Для оценки взаимодействия трансаминаз используют коэффициент де Ритиса (соотношение уровней АсТ/АлТ), который в норме равен 1,33±0,42. В нашем исследовании его величина повышена в контроле, в первой и третьей группах есть незначительное отклонение от оптимального соотношения.

Определение концентрации креатинина в сыворотке крови позволяет судить об объеме мышечной массы, а также скорости распада белков в организме птицы и оценить интенсивность конечных этапов белкового обмена. [10]

У птиц нет орнитинового цикла образования мочевины из-за отсутствия фермента карбамилфосфатсинтетазы, мочевины появляется в крови только при шоке или критической гиповолюмии. В работах разных авторов содержатся противоречивые данные об уровне мочевины в крови. Поэтому для оценки влияния метапробиотика на особенности протекания белкового обмена у цыплят-бройлеров был выбран креатинин. Пока не сложилось единого мнения об изменении его концентрации у цыплят в зависимости от возраста.



Диаграммы размаха показателей белкового обмена в сыворотке крови цыплят-бройлеров с метапробиотиком Биосиб МЕТАПРО.

Значения и среднее арифметическое креатинина варьировали в границах нормальных для цыплят данной возрастной группы. Рекомендуемый диапазон креатинина – 20...87 мкмоль/л.

Представленные на рисунке диаграммы размаха изучаемых показателей белкового обмена демонстрируют наибольшую фенотипическую изменчивость по АлТ, АсТ и коэффициенту де Ритиса. Сходство отмечается по альбумину.

Однофакторным дисперсионным анализом (табл. 5) для показателей с нормальным распределением выявлены межгрупповые отличия по общему белку, АлТ, коэффициенту де Ритиса и креатинину.

Межгрупповые отличия для признаков с распределением отличным от нормального (А/Г соотношения и АсТ) оценивали с помощью критерия Краскера-Уоллеса (табл. 6).

Таблица 6.

Влияние фактора метапробиотика Биосиб МЕТАПРО на показатели белкового обмена у цыплят-бройлеров (критерий Краскера-Уоллеса)

Показатель	H	df	p-value
Альбумин	0,6	3	0,8964
А/Г соотношение	8,32	3	0,03974*
Аспаратаминотрансфераза	7,8343	3	0,04956*

Примечание. H – критерий Краскера-Уоллеса, df – число степеней свободы, P>0,05 – отсутствие статистически значимых различий между группами.

Таблица 7.

Попарные сравнения групп цыплят-бройлеров по показателям белкового обмена (тест Тьюки)

Показатель	контроль – первая	контроль – вторая	контроль – третья	первая – вторая	первая – третья	вторая – третья
Общий белок	4,33 (0,033)*	0,51 (0,98)	2,15 (0,447)	3,82 (0,0674)	2,17 (0,4377)	1,64 (0,658)
Глобулин	3,16 (0,154)	0,29 (0,996)	1,59 (0,677)	2,87 (0,217)	1,57 (0,688)	1,3 (0,79)
АлТ	2,17 (0,439)	6,37 (0,001) *	0,77 (0,946)	4,9 (0,04)*	1,39 (0,757)	5,59 (0,005)
Коэффициент де Ритиса	3,93 (0,057)	5,03 (0,012) *	3,84 (0,065)	1,09 (0,865)	0,09 (0,999)	1,18 (0,834)
Креатинин	6,31 (0,00837)*	1,07 (0,187)	0,43 (0,989)	3,33 (0,125)	4,88 (0,015)*	1,54 (0,7)

Таблица 8.

Попарные сравнения групп цыплят-бройлеров по показателям белкового обмена (тест Данна)

Показатель	контроль – первая	контроль – вторая	контроль – третья	первая – вторая	первая – третья	вторая – третья
Альбумин	0,64 (0,521)	0,16 (0,43)	0,05 (0,47)	0,48 (0,635)	0,69 (0,487)	0,21 (0,83)
А/Г соотношение	2,61 (0,008)*	1,76 (0,07)	2,35 (0,01)*	0,85 (0,392)	0,267 (0,789)	0,58 (0,55)
АсТ	2,56 (0,01)*	2,25 (0,024)*	1,49 (0,34)	0,32 (0,74)	1,06 (0,28)	0,74 (0,45)

Апостериорные сравнения для признаков с нормальным распределением установлены по общему белку (между контрольной группой и первой), АлТ (между контрольной и второй, первой и второй), коэффициенту де Ритиса (между контрольной и второй), креатинину (между контрольной и первой, первой и третьей) (табл. 7).

Апостериорные сравнения для признаков с негоссовским распределением отмечены по А/Г соотношению (контрольная группа – первая и третья), АсТ (контрольная – первая и вторая) (табл. 8).

Таким образом, установили влияние фактора метапробиотика на показатели белкового обмена: общий белок, альбумин-глобулиновое соотношение, АлТ, АсТ, коэффициент де Ритиса, креатинин. Наибольшее число различий отметили между контрольной и первой опытной (Биосиб МЕТАПРО – 0,05%) группами. У цыплят-бройлеров повысился уровень общего белка на 9,97 г/л, изменилось А/Г соотношение, активность АлТ увеличилась на 1,32 ммоль/л·ч, АсТ уменьшилась – 3,76 ммоль/л·ч, нормализовался коэффициент де Ритиса и повысился уровень креатинина на 13,2 мкмоль/л. Рост уровня общего белка демонстрирует активацию белоксинтетических процессов. Разнонаправленные изменения трансаминаз отражают вовлечение в метаболический ответ на применение Биосиб МЕТАПРО реакции углеводного обмена, повышение уровня АлТ – скорость использования аминокислотных остатков в процессах биосинтеза глюкозы, уменьшение АсАТ – снижение доли соединений белковой природы, вовлекаемых в цикл трикарбоновых кислот. Повышение уровня креатина демонстрирует активацию белкового обмена на его заключительных этапах, указывает на прямую взаимосвязь с мышечной массой. Аналогичные изменения активности ферментов вызывает выпаивание Биосиб МЕТАПРО – 0,2%, применение его в дозе 0,1% так же действует на величину А/Г соотношения и креатинина.

Выводы. Метапробиотик Биосиб МЕТАПРО оказывает стимулирующее воздействие на все этапы белкового обмена у цыплят-бройлеров. Повышаются уровень общего белка, А/Г соотношение, АлТ, креатинин ($p < 0,05$). Наиболее эффективен метапробиотик в дозе 0,05%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Габалов К.П., Стремоусов В.М., Гритчин А.В. и др. Биохимические показатели крови цыплят в норме и при инфекционной патологии // Инфекционные болезни животных и антимикробные средства, Саратов, 10 ноября 2016 года. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2016. С. 71–76. EDN: XCKJZF.
2. Деменева А.Е., Требухов А.В., Бурцева С.В. Профилактика нарушения белкового обмена у цыплят // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (222). С. 79–85.
3. Джамбулатова К.Д. Состояние обмена веществ у цыплят-бройлеров на фоне применения пробиотиков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 245–248.
4. Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Тюрина Д.Г. и др. Чем заменить антибиотики в птицеводстве? // Птицеводство. 2020. № 9. С. 41–46.
5. Лунева А.В. Влияние кормовой микробной добавки на мясную продуктивность цыплят-бройлеров и качество мяса птицы / Аграрный вестник Урала. 2021. № 10 (213). С. 55–64.
6. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / Под общей ред. В.И. Фисинина. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2013. 52 с.
7. Морозов И.Н., Себежко О.И., Тарасенко Е.И., Климанова Е.А. Фенотипическая изменчивость активности ферментов полновозрастных овцематок романовской породы в условиях Кузбасса // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 6. С. 61–65.
https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_6_61
8. Никулин В.Н. и др. Особенности азотистого и минерального обмена у кур под действием пробиотика и соли йода // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 352–358.
9. Савкина Л. Рынок мяса птицы: итоги 2023 года [Электронный ресурс] // Ценовик: [сайт]. Режим доступа: <https://www.tsenovik.ru/articles/obzory-i-prognozy/rynok-myasa-ptitsy-itogi-2023-goda/?ysclid=lxradygtsx801385642>. Дата обращения: 21.06.2024.
10. Себежко О.И., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. и др. Влияние генотипа быков-производителей голштинской

- породы на уровень некоторых показателей азотистого обмена потомства в условиях Западной Сибири // Вестник НГАУ. 2020. № 1(54). С. 72–81.
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-54-1-72-81>
11. Харлап С.Ю., Дерхо М.А. Характеристика адаптационного потенциала цыплят кросса «Ломан-белый» // Агропродовольственная политика России. 2015. № 6(42). С. 62–67. EDN: UJUSRZ.
 12. Abdallah A, Elemba E, Zhong Q, Sun Z. Gastrointestinal Interaction between Dietary Amino Acids and Gut Microbiota: With Special Emphasis on Host Nutrition // Curr. Protein Pept. Sci. 2020; 21(8): 785–798. PMID: 32048965 Review. <https://doi.org/10.2174/1389203721666200212095503>
 13. Fan P., Li L., Rezaei A. et al. Metabolites of Dietary Protein and Peptides by Intestinal Microbes and their Impacts on Gut. Curr. Protein Pept. Sci. 2015; 16(7): 646–54. PMID: 26122784 Review.
 14. <https://doi.org/10.2174/1389203716666150630133657>
 15. Krysiak K., Konkol D., Korczyński M. Overview of the use of probiotics in poultry production // Animals. 2021. T. 11. № 6. С. 16–20.
 16. Kuznetsova A. R. et al. Key factors in the development of the poultry industry in the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. T. 315. № 2. С. 022096.
 17. Sebezhko O.I., Mayer R.V., Tarasenko E.I. et al. Protein status of holstinated black and white cattle // Bio web of conferences: International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021), Tyumen, 19–20 июля 2021 года. Tyumen: EDP Sciences, 2021. P. 06023. EDN: EKWHJH.
 18. Smolovskaya O., Pleshkov V., Zubova T., Bormina L. Probiotics in Industrial Poultry Farming // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2023. Vol. 18, No. 1. P. 1–8. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2023.1.8>. EDN: MQAKZG.
 19. Vertiprakhov V.G. et al. The Exocrine Pancreatic Function in Chicken (Gallus Gallus L.) Fed Diets Supplemented with Different Vegetable Oils // Agricultural Biology. 2020. T. 55. № 4. С. 726–737.
 20. Wang J, Ji H. Influence of Probiotics on Dietary Protein Digestion and Utilization in the Gastrointestinal Tract // Curr. Protein Pept. Sci. 2019. N. 20(2). P. 125–131. PMID: 29769003 Review. <https://doi.org/10.2174/1389203719666180517100339>
 21. Zhang K, Wang N, Lu L, Ma X. Fermentation and Metabolism of Dietary Protein by Intestinal Microorganisms // Curr Protein Pept Sci. 2020. No. 21(8). P. 807–811. PMID: 32048966 Review. <https://doi.org/10.2174/1389203721666200212095902>
 - Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 1 (99). С. 245–248.
 4. Jyldyrym E.A., Il'ina L.A., Tyurina D.G. i dr. Сhem zame-nit' antibiotiki v pticevodstve? // Pticevodstvo. 2020. № 9. С. 41–46.
 5. Luneva A.V. Vliyanie kormovoj mikrobnj dobavki na myas-nuyu produktivnost' cyplyat-brojlerov i kachestvo myasa pticy /Agrarnyj vestnik Urala. 2021. № 10 (213). С. 55–64.
 6. Metodika provedeniya nauchnyh i proizvodstvennyh issledo-vanij po kormleniyu sel'skohozyajstvennoj pticy. Molekulyar-no-geneticheskie metody opredeleniya mikroflory kishechni-ka / Pod obshchej red. V.I. Fisina. Sergiev Posad : VNITIP, 2013. 52 s.
 7. Morozov I.N., Sebezhko O.I., Tarasenko E.I., Klimanova E.A. Fenotipicheskaya izmenchivost' aktivnosti fermentov polnovozrastnyh ovcematok romanovskoj породы v usloviyah Kuzbassa // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36, № 6. С. 61–65. EDN: BCMXUI. https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_6_61
 8. Nikulin V.N. i dr. Osobennosti azotistogo i mineral'nogo ob-mena u kur pod dejstviem probiotika i soli joda // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 1 (99). С. 352–358.
 9. Savkina L. Rynok myasa pticy: itogi 2023 goda [Elektronnyj resurs] // Cenovik: [sajt]. Rezhim dostupa: <https://www.tse-novik.ru/articles/obzory-i-prognozy/rynok-myasa-ptitsy-itogi-2023-goda/?ysclid=lxradygtsx801385642>. Data obrash-cheniya: 21.06.2024.
 10. Sebezhko O.I., Narozhnyh K.N., Konovalova T.V. i dr. Vli-yanie genotipa bykov-proizvoditelej golshitsinskoj породы na uroven' nekotoryh pokazatelej azotistogo obmena potomstva v usloviyah Zapadnoj Sibiri // Vestnik NGAU. 2020. № 1(54). С. 72–81. EDN: EAIYQZ. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-54-1-72-81>
 11. Harlap S.Yu., Derho M.A. Harakteristika adaptacionnogo potentsiala cyplyat krossa “Loman-belyj” // Agroprodo-vol'stvennaya politika Rossii. 2015. № 6(42). С. 62–67. EDN: UJUSRZ.
 12. Abdallah A, Elemba E, Zhong Q, Sun Z. Gastrointestinal In-teraction between Dietary Amino Acids and Gut Microbiota: With Special Emphasis on Host Nutrition // Curr. Protein Pept. Sci. 2020. No. 21(8). P. 785–798. PMID: 32048965 Re-view. <https://doi.org/10.2174/1389203721666200212095503>
 13. Fan P., Li L., Rezaei A. et al. Metabolites of Dietary Protein and Peptides by Intestinal Microbes and their Impacts on Gut. Curr. Protein Pept. Sci. 2015. No. 16(7). P. 646–54. PMID: 26122784 Review. <https://doi.org/10.2174/1389203716666150630133657>
 14. Krysiak K., Konkol D., Korczyński M. Overview of the use of probiotics in poultry production // Animals. 2021. T. 11. № 6. С. 16–20.
 15. Kuznetsova A.R. et al. Key factors in the development of the poultry industry in the Russian Federation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. T. 315. № 2. С. 022096.
 16. Sebezhko O.I., Mayer R.V., Tarasenko E.I. et al. Protein sta-tus of holstinated black and white cattle // Bio web of con-ferences: International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021), Tyu-men, 19–20 iyulya 2021 goda. Tyumen: EDP Sciences, 2021. P. 06023. EDN: EKWHJH.
 17. Smolovskaya O., Pleshkov V., Zubova T., Bormina L. Pro-biotics in Industrial Poultry Farming // American Journal of

REFERENCES

- Animal and Veterinary Sciences. 2023. Vol. 18, No. 1. P. 1–8. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2023.1.8>.
18. Vertiprakhov V. G. et al. The Exocrine Pancreatic Function in Chicken (*Gallus Gallus* L.) Fed Diets Supplemented with Different Vegetable Oils // *Agricultural Biology*. 2020. T. 55. № 4. S. 726–737.
19. Wang J, Ji H. Influence of Probiotics on Dietary Protein Digestion and Utilization in the Gastrointestinal Tract // *Curr. Protein Pept. Sci.* 2019. No. 20(2). P. 125–131. PMID: 29769003 Review. <https://doi.org/10.2174/1389203719666180517100339>
20. Zhang K, Wang N, Lu L, Ma X. Fermentation and Metabolism of Dietary Protein by Intestinal Microorganisms // *Curr Protein Pept Sci.* 2020. No. 21(8). P. 807–811. PMID: 32048966 Review. <https://doi.org/10.2174/1389203721666200212095902>

Поступила в редакцию 28.06.2024

Принята к публикации 12.07.2024

УДК 636.92.082.2

DOI: 10.31857/S2500208224060205, EDN: WSLZKM

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КРОЛИКОВ ПОРОДЫ БЕЛЫЙ ВЕЛИКАН ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

Тамара Константиновна Карелина, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-8360-0877

Екатерина Александровна Стрельцова, младший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-8007-7010

Тамара Викторовна Тюгаева, младший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-4996-6549

Глеб Юрьевич Косовский, член-корреспондент РАН, ORCID: 0000-0003-3808-3086

Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева, пос. Родники, Раменский р-н, Московская обл., Россия

E-mail: niipzk@mail.ru

Аннотация. В статье представлены материалы первой классной комплексной научной работы в отечественном кролиководстве. На основе рационального использования генетического потенциала кроликов породы белый великан и ее совершенствования создана новая порода. Разработаны способы оценки самцов и самок по комплексу признаков с применением современных молекулярно-генетических методов. Крольчих оценивали по материнскому инстинкту, плодовитости, количеству выращенных крольчат к отсадке, числу сосков, молочности, живой массе помета при рождении и отсадке, самцов — по репродуктивным качествам, воспроизводительной способности покрытых ими крольчих, стабильности генома с использованием микроядерного теста. По результатам проведенной многолетней селекции выведена новая порода кроликов Великородская белая. Экономическая целесообразность заключается в обеспечении независимости фермеров от поставок племенного материала из-за рубежа.

Ключевые слова: кролик, селекция, порода, белый великан, стабильность генома, микроядерный тест, репродуктивные функции, воспроизводительная способность, материнские качества крольчих, семейства, линии, показатели продуктивности

RATIONAL USE OF THE GENETIC POTENTIAL OF THE DOMESTIC SELECTION WHITE GIANT BREED

T.K. Karelina, PhD in Agricultural Sciences

E.A. Streltsova, Junior Researcher

T.V. Tyugaeva, Junior Researcher

G.Yu. Kosovsky, Corresponding Member of the RAS

Scientific Research Institute of Fur — Bearing Animal Breeding and Rabbit Breeding named after V.A. Afanasev, Rodniki village, Ramenskoye district, Moscow region, Russia

E-mail: niipzk@mail.ru

Abstract. The article presents the first rank-based, complex scientific development in Russian rabbit breeding. The results of the new rabbit breed creation are given on the basis of rational use of the genetic potential of White Giant rabbits and its improvement. New ways of estimating bucks and does based on a complex of features and modern molecular-genetic methods were developed for the accelerated creation of a new rabbit population. The first of its kind were rank-based evaluation according to rabbits' maternal instinct, rank-based evaluation according to the rabbits' complex of maternal traits (maternal instinct, fertility, the number of raised rabbits to weaning, the number of teats, lactation, and the live weight of the litter at birth and weaning), and rank-based evaluation according to the bucks traits complex, which included the reproductive qualities assessment, reproductive ability of mated does, and the micronucleus test's assessment of the bucks genome stability. The multi-year selection results led to the creation of the new Russian rabbit breed, Velikorodskaya White, which can replace imports. The economic reason for the creation of the highly productive Russian rabbit breed is to ensure the independence of Russian farmers from the supply of imported breeding material.

Keywords: rabbit, breeding, breed, White Giant, genome stability, micronucleus test, reproductive functions, reproductive ability, maternal qualities of does, families, lines, productivity indicators

Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года № 717 (срок реализации: 2013–2025 годы), предусматривает увеличение производства высококачественного племенного материала и стимулирование селекционной работы, направленной на совершенствование племенных и продуктивных качеств животных, рациональное использование генетического потенциала пород отечественной селекции. [4]

В современном животноводстве нашей страны главная задача науки и практики — дальнейшая интенсификация отрасли для повышения генетического потенциала продуктивных качеств животных отечественных пород и степени его реализации. [1]

Цель селекции — высокая степень наследования важных хозяйственно полезных признаков, объяснение влияния на реализацию генетического потенциала животного окружающей среды для рационального использования имеющихся конкурентных преимуществ отечественных пород и типов. [2, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 13]

Интенсификация отрасли кролиководства предусматривает рост валового производства продукции из-за увеличения численности поголовья и повышения его генетического потенциала. Для этого необходимо создание прочной кормовой базы, контроль стабильности генетического аппарата, использование при отборе животных новейших цитогенетических методов, позволяющих выявить мутации, ведущие к снижению плодовитости, репродуктивных качеств, продуктивности, племенной ценности. [15, 16] Животные также должны обладать способностью адаптироваться к условиям содержания и разведения. [4, 6, 13]

Цель работы — повысить эффективность кролиководства на основе рационального использования генетического потенциала кроликов породы *белый великан* отечественной селекции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Многолетнюю селекционную работу по совершенствованию племенных и продуктивных качеств популяции кроликов породы *белый великан* проводили в производственных условиях ФГБНУ НИИПЗК — племенном репродукторе (в настоящее время — племенной завод) лаборатории экспериментального кролиководства в 2011–2022 годах, а также в отделах звероводства и кролиководства, биотехнологии с помощью классических и современных молекулярно-генетических исследований для оценки селекционного процесса. В научно-производственных экспериментах было задействовано 3500 самок, 778 самцов, 23712 гол. молодняка. Эксперименты по созданию новой породы кроликов проходили в одинаковых условиях шедовой системы содержания, ухода за животными подопытных групп и мер ветеринарной профилактики в соответствии с действующими технологиями. Результаты исследований статистически обрабатывали с использованием компьютерной программы Microsoft Excel и критерия Стьюдента. [12]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для создания новой породы кроликов на основе совершенствования перспективной породы отечествен-

ной селекции *белый великан* возникла необходимость их популяционно-генетической характеристики.

В результате научно-исследовательской работы выявили молекулярные маркеры, позволяющие надежно дифференцировать кроликов породы *белый великан* в отдельный кластер, используя высокополиморфные маркеры—микросателлиты $(GCT)_6C$, $(AGC)_6T$, $(TGC)_6G$ и два экзогенных ретровируса Bare 123A и Sabrina 1336, что составляет 38% исследуемых молекулярных маркеров. [14]

По результатам электрофоретического разделения ампликонов при составлении бинарной матрицы выделяют три молекулярных маркера, в которых находятся консервативные зоны только у кроликов породы *белый великан*. У маркера $(GCT)_6C$ общие зоны расположены на длине в 1000 и 900 п.н., $(AGC)_6T$ — 1000 и 800 п.н., $(TGC)_6G$ — 1500 и 600 п.н.

Также обнаружен ряд праймеров (30% всех используемых), которые объединяют породы *белый великан* и *советская шиншилла* в единый кластер — $(GAG)_6C$, Bare-123, $(ACC)_6T$ и $(ACC)_6G$. Объясняется это тем, что при создании породы *советская шиншилла* селекционеры применяли породу *белый великан* как базисную для достижения лучших показателей мясной и шкурковой продуктивности, способности организма адаптироваться к условиям окружающей среды (температура, влажность).

Только по одному из 13 молекулярных маркеров была обнаружена общая кластеризация пород *калифорнийская* и *белый великан* $(ACC)_6C$. Селекционеры не использовали породу *белый великан* как базисную при создании *калифорнийской*, но ее геном присутствует в геноме *советской шиншиллы* из-за участия в селекции *калифорнийской* породы.

Таким образом, их объединяет общая базисная форма, участвовавшая в селекции (*белый великан*).



Рис. 1. Кластерный анализ значений генетических дистанций между исследованными группами кроликов, рассчитанных на основании спектров фрагментов геномной ДНК, фланкированных $(GAG)_6C$, с использованием программы TreeCon.

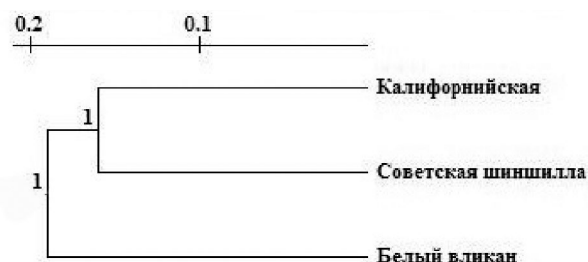


Рис. 2. Кластерный анализ значений генетических дистанций между исследованными группами кроликов, рассчитанных на основании спектров фрагментов геномной ДНК, фланкированных Sabrina 111, с использованием программы TreeCon.

Выделены три праймера — Sabrina III, (TGC)₆G и (GTC)₆C, составляющие общий кластер, которых объединяет *белый великан*.

Полученные данные свидетельствуют о том, что каждая группа пород кроликов имеет свои специфические особенности полиморфизма спектров ампликонов, выявленных с применением используемых праймеров, но обнаруживаются уникальные для кроликов породы *белый великан* локусы на электрофоретическом разделении продуктов ПЦР.

На основе проведенного популяционно-генетического анализа, селекционной работы по созданию новой породы кроликов, литературных источников можно сделать вывод о том, что *белый великан* — универсальная базисная форма при создании пород, кроссов, так как несет в себе не только качественные хозяйственно полезные признаки, но и четко передает их последующим поколениям.

При рациональном использовании генетического потенциала кроликов породы *белый великан* отечественной селекции и ее совершенствования создавали новую породу, изыскивая возможности ускоренного выведения животных желательного типа, разрабатывая новые методы оценки не только с сохранением воспроизводительных способностей, но с более расширенным изучением материнских качеств крольчих, самцов по комплексу признаков современными методами (микроядерный тест), выявляя лучших животных.

Впервые в отечественном кролиководстве были разработаны новые методы классной оценки кроликов породы *белый великан*.

1. Классная оценка самцов кроликов по комплексу признаков (воспроизводительные качества, стабильность генома на основе микроядерного теста).

Самцы высших бонитировочных кроликов, отобранные для воспроизводства, согласно классной комплексной оценке должны соответствовать характеристикам для элиты и 1 класса: показатели частоты

встречаемости эритроцитов с микроядрами — 0,1...1,0 и 1,1...2,0 ‰; концентрация функциональных сперматозоидов — 20 млн/мл и более, 10...20 млн/мл, подвижных — 80% и более, 60,0...79,0% соответственно (табл. 1).

Показатели продуктивности покрытых ими самок (не ниже 1 класса): плодовитость — 8 гол. и более; выращено крольчат к отсадке — 6 гол. и более; живая масса потомков самцов к 90-дневному возрасту — не менее 2,8 кг; оплодотворяемость — 80%.

У самцов, участвовавших в воспроизводстве при создании новой породы кроликов *Великородская белая*, при достоверной разнице по частоте встречаемости эритроцитов с микроядрами низкой и высокой групп выявлена тенденция повышения репродуктивных качеств, воспроизводительной способности покрытых крольчих при частоте встречаемости микроядер в эритроцитах — 0,1...1,0 ‰.

С ростом частоты встречаемости эритроцитов с микроядрами в периферической крови самцов у спаренных с ними самок снижаются показатели продуктивности: оплодотворяемость, плодовитость, количество выращенных крольчат к отсадке (табл. 2).

Комплексная оценка самцов с использованием контроля воспроизводительных качеств и результатов микроядерного теста способствовала улучшению эффективности селекции при создании новой породы *Великородская белая* и позволила отбирать животных с высокими показателями в течение всего производственного цикла.

2. Классная оценка крольчих по комплексу материнских признаков: материнский инстинкт, плодовитость, количество выращенных крольчат к отсадке, число сосков, молочность, живая масса помета при рождении и отсадке (табл. 3, 4).

Популяция кроликов *Великородская белая* обладает высокими продуктивными показателями: плодовитость — $9,8 \pm 0,2$ крольчат на самку и выход крольчат к

Классная оценка самцов по комплексу признаков

Таблица 1.

Класс	Концентрация сперматозоидов		Частота встречаемости эритроцитов с микроядрами, ‰	Воспроизводительная способность покрытых крольчих		
	функциональные, млн/мл	подвижные, (а + в), %		оплодотворяемость, %	плодовитость, гол.	выращено к отсадке, гол.
Элита	20 и более	80 и более	0,1...1,0	90,0 и более	8 и более	7 и более
I	от 10 до 20	60,0...79,0	1,1...2,0	80,0...89,0	7	6
II	10 и менее	59,0 и менее	2,1 и более	79,0 и менее	6 и менее	5 и менее

Оценка показателей продуктивности крольчих по частоте встречаемости эритроцитов с микроядрами самцов

Таблица 2.

Количество голов	Группа по частоте встречаемости эритроцитов с микроядрами	Количество эритроцитов с микроядрами, ‰	Оплодотворяемость, %	Плодовитость, гол.	Выращено крольчат к отсадке, гол.
		M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
21	Низкая (0,1...1,0)	0,6 ± 0,04	94,5 ± 2,9	8,3 ± 0,2	5,9 ± 0,2
19	Средняя (1,1...2,0)	1,4 ± 0,05	93,8 ± 1,8	8,2 ± 0,2	6,0 ± 0,2
7	Высокая (2,1...4,7)	2,7 ± 0,7**	90,6 ± 9,4	6,7 ± 0,5	4,3 ± 1,7
47	В среднем (0,1...4,7)	1,16 ± 0,1	93,8 ± 1,7	8,1 ± 0,2	5,8 ± 0,2

отсадке — $7,8 \pm 0,2$, что статистически значимо превышает средние показатели исходной популяции на 2,2 ($p < 0,001$) и 4,0 гол. ($p < 0,001$) соответственно (табл. 5, рисунок).

По материнским признакам популяция кроликов *Великородская белая* статистически значимо превышает средние показатели основного стада кроликов породы *белый великан*: по плодовитости на 1,6 ($p < 0,001$)

крольчат на самку — $9,8 \pm 0,3$ гол.; числу выращенных крольчат к отсадке на 1,3 гол. ($p < 0,001$) — $7,8 \pm 0,2$; молочности на 460 г ($p < 0,001$) — 2386 ± 92 г; живой массе помета при рождении на 45 г ($p < 0,01$) — 572 ± 11 г; живой массе помета в 45 дн. на 1054 г ($p < 0,001$) — 10056 ± 192 г.

Живая масса молодняка кроликов *Великородская белая* в двухмесячном возрасте — 1,9 кг, пре-

Таблица 3.

Классная оценка продуктивности крольчих по материнским признакам

Класс	Материнский инстинкт	Плодовитость, гол.	Выращено к отсадке, гол.	Молочность, кг	Количество сосков, шт.	Живая масса помета, кг	
						при рождении	в 45 дн.
Элита	Элита	9 и более	8 и более	2,0 и более	10 и более	0,6 и более	8,0 и более
I	I	7...8	6...7	1,0...2,0	8...9	0,4...0,5	5,0...8,0
II	II	6 и менее	5 и менее	1,0 и менее	7	0,3 и менее	5,0 и менее

Таблица 4.

Классная оценка крольчих по комплексу материнских признаков породы *Великородская белая* по годам

Класс	Материнский инстинкт, п%	Плодовитость, гол.	Выращено к отсадке, гол.	Количество сосков, шт.	Молочность, г	Живая масса помета, г	
						при рождении	в 45 дн.
2018							
Элита	39/68,9	10,8 ± 0,4	8,7 ± 0,2	9,9 ± 0,05	2183 ± 103	600 ± 14	8298 ± 209
I	17/31,1	8,4 ± 0,3	6,5 ± 0,1	9,1 ± 0,1	1765 ± 120	476 ± 12	6955 ± 247
2019							
Элита	59/67,4	10,9 ± 0,4	8,9 ± 0,2	10,0 ± 0	2885 ± 208	721 ± 17	10694 ± 288
I	29/32,6	8,7 ± 0,2	6,6 ± 0,1	9,4 ± 0,1	1929 ± 98	541 ± 13	8432 ± 160
2020							
Элита	25/35,2	10,8 ± 0,2	8,9 ± 0,2	9,5 ± 0,1	2744 ± 110	627 ± 14	9401 ± 382
I	46/64,8	9,1 ± 0,2	6,9 ± 0,1	9,1 ± 0,1	1931 ± 77	505 ± 12	8616 ± 149
2021							
Элита	24/44,4	10,8 ± 0,3	8,9 ± 0,2	9,8 ± 0,1	2790 ± 142	612 ± 12	8242 ± 127
I	30/55,6	8,8 ± 0,3	6,8 ± 0,1	9,3 ± 0,1	1753 ± 76	517 ± 15	7085 ± 125
2022							
Элита	13/18,8	11,5 ± 0,5	9,5 ± 0,2	10,0 ± 0	3193 ± 133	668 ± 20	11913 ± 294
I	56/81,2	9,4 ± 0,2	7,3 ± 0,2	9,3 ± 0,1	2217 ± 89	550 ± 11	9625 ± 184

Таблица 5.

Репродуктивные качества крольчих породы *Великородская белая*

Год	Плодовитость, гол.		Оставлено, гол.		Выращено, гол.		Живая масса, г			
							60 дн.		90 дн.	
	п крольчих/ крольчат	$M \pm m$	п крольчих/ крольчат/ сохранность, %	$M \pm m$	п крольчих/ крольчат/ сохранность, %	$M \pm m$	п	$M \pm m$	п	$M \pm m$
2018	56/519	$9,3 \pm 0,2$	56/491/94,6	$8,8 \pm 0,2$	56/404/82,3	$7,2 \pm 0,1$	348	$1,56 \pm 0,01$	348	$2,55 \pm 0,01$
2019	88/818	$9,3 \pm 0,2$	88/770/94,1	$8,7 \pm 0,2$	88/660/85,7	$7,5 \pm 0,1$	304	$1,79 \pm 0,01$	304	$2,71 \pm 0,01$
2020	71/688	$9,7 \pm 0,2$	71/646/93,9	$9,1 \pm 0,2$	71/541/83,7	$7,6 \pm 0,2$	496	$1,84 \pm 0,01$	477	$2,88 \pm 0,01$
2021	54/522	$9,7 \pm 0,2$	54/499/95,6	$9,2 \pm 0,2$	54/416/83,4	$7,7 \pm 0,2$	308	$1,80 \pm 0,01$	299	$2,90 \pm 0,01$
2022	69/677	$9,8 \pm 0,3$	69/625/92,3	$9,0 \pm 0,2$	69/536/85,8	$7,8 \pm 0,2$	418	$1,96 \pm 0,01$	292	$2,95 \pm 0,01$

восходит аналогичные показатели породы *белый великан*: родителей — на 400 г, молодняк класса элита — 100 г, в трехмесячном (2,95 кг) — 710 и 350 г соответственно.

На основании генеалогического анализа и показателей высокой продуктивности животных высших бонитировочных классов за 2014–2022 годы выделено 17 лучших семейств крольчих по комплексу материнских признаков, 8 линий самцов кроликов популяции *Великородская белая*.

Новизна и актуальность результатов исследований защищены патентами РФ № 2702832 «Способ оценки крольчих по степени материнского инстинкта», № 2724669 «Способ классной оценки крольчих породы *белый великан* по комплексу материнских признаков», № 138174 схема «Оценка популяции кроликов по фенотипу», патент на селекционное достижение № 13758 Кролики *Великородская белая*.

Экономическая целесообразность заключается в дополнительных резервах увеличения племенного поголовья из-за использования генетических ресурсов созданной породы *Великородская белая* для удовлетворения потребностей кролиководческих хозяйств во всех регионах России и СНГ, обеспечении независимости фермеров от поставок племенного материала из-за рубежа, повышения экономических показателей отрасли кролиководства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Багиров В.А. Биотехнологические аспекты сохранения генетических ресурсов животных: автореф. дис. ...докт. биол. наук: 03.00.13, 03.00.23. Дубровицы, 2004. 22 с.
- Багиров В.А., Насибов Ш.Н., Кленовицкий П.М. и др. Генетический потенциал дикой фауны в создании новых селекционных форм животных // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 8. С. 59–62.
- Багиров В.А., Кленовицкий П.М., Иолчиев Б.С. и др. Проблемы сохранения и рационального использования генофонда крупного рогатого скота (обзор) // в сб. Проблемы и перспективы развития современной репродуктивной технологии, криобиологии и их роль в интенсификации животноводства. 2017. С. 256–263.
- Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717.
- Зиновьева Н.А., Фисинин В.И., Багиров В.А. и др. Биоресурсные центры как форма сохранения генетических ресурсов животных сельскохозяйственного назначения // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 11. С. 40–42.
- Зыбайлов, Б.Л., Глазко В.И. Геномная нестабильность и неканонические структуры ДНК // Известия ТСХА. 2012. Вып. 5. С. 108–122.
- Косилов В.И., Шкилев П.Н., Никонова Е.А. Рациональное использование генетического потенциала импортных и отечественных пород овец для увеличения производства продукции овцеводства. Оренбург. 2009. 261 с.
- Косовский Г.Ю. Клеточные и геномные технологии в повышении эффективности животноводства // Автореферат дис. ... докт. биол. наук. Щелково. 2014. С. 52.
- Костомахин Н.М. Новый подход к оценке быков-производителей по качеству потомства // Главный зоотехник. 2006. № 9. С. 21–23.

- Мальченко А.В., Гвоздецкий Н.А., Левченко В.М. Перспективы применения инновационных методов воспроизводства стада // «Известия Оренбургского Государственного Аграрного Университета». 2016. № 2 (58). С. 112–113.
- Мымрин С.В. Геномная селекция — необходимое условие развития скотоводства России // Аграрный вестник Урала. 2014. № 4 (122). С. 28.
- Соболев А.Д. Основы вариационной статистики. Учебное пособие // М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ. 2006. С. 110.
- Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы».
- Шукина Е.С., Глазко В.И., Глазко Т.Т. и др. Синтетический трехпородный кросс кролика и его «новизна» по отношению к исходным породам // Кролиководство и звероводство. 2019. № 4. С. 26–33.
- Dekkers J.C. Application of genomics tools to animal breeding // Curr Genomics. 2012. № 13(3). P. 207–212.
- Klingenberg C.P. A developmental perspective on developmental instability: theory, models and mechanisms Laboratory for Development and Evolution // University Museum of Zoology. Department of Zoology. Downing Street. Cambridge CB2 3EJ, United Kingdom. 2003.

REFERENCES

- Bagirov V.A. Biotechnologicheskie aspekty sohraneniya geneticheskikh resursov zhivotnyh: avtoref. dis. ...dokt. biol. nauk: 03.00.13, 03.00.23. Dubrovicy, 2004. 22 s.
- Bagirov V.A., Nasibov Sh.N., Klenovickij P.M. i dr. Geneticheskij potencial dikoj fauny v sozdanii novyh selekcionnyh form zhivotnyh // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 8. S. 59–62.
- Bagirov V.A., Klenovickij P.M., Iolchiev B.S. i dr. Problemy sohraneniya i racional'nogo ispol'zovaniya genofonda krupnogo rogatogo skota (obzor) // v sb. Problemy i perspektivy razvitiya sovremennoj reproduktivnoj tekhnologii, kriobiologii i ih rol' v intensifikacii zhivotnovodstva. 2017. S. 256–263.
- Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya, utverzhennaya postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14 iyulya 2012 g. № 717.
- Zinov'eva N.A., Fisinin V.I., Bagirov V.A. i dr. Bioresursnye centry kak forma sohraneniya geneticheskikh resursov zhivotnyh sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2013. № 11. S. 40–42.
- Zybajlov, B.L., Glazko V.I. Genomnaya nestabil'nost' i nekanonicheskie struktury DNK // Izvestiya TSHA. 2012. Vyp. 5. S. 108–122.
- Kosilov V.I., Shkilev P.N., Nikonova E.A. Racional'noe ispol'zovanie geneticheskogo potenciala importnyh i otechestvennyh porod ovec dlya uvelicheniya proizvodstva produkcii ovcevodstva. Orenburg. 2009. 261 s.
- Kosovskij G.Yu. Kletochnye i genomnye tekhnologii v povyshenii effektivnosti zhivotnovodstva // Avtoreferat dis. ... dokt. biol. nauk. Shchelkovo. 2014. S. 52.
- Kostomahin N.M. Novyj podhod k ocenke bykov-proizvoditelej po kachestvu potomstva // Glavnyj zootekhnik. 2006. № 9. S. 21–23.
- Mal'chenko A.V., Gvozdeckij N.A., Levchenko V.M. Perspektivy primeneniya innovacionnyh metodov vosproizvodstva stada // «Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta». 2016. № 2 (58). S. 112–113.

11. Mymrin S.V. Genomnaya selekciya — neobhodimoe uslovie razvitiya skotovodstva Rossii // Agrarnyj vestnik Urala. 2014. № 4 (122). S. 28.
12. Sobolev A.D. Osnovy variacionnoj statistiki. Uchebnoe posobie // M.: FGOU VPO MGAVMiB. 2006. C. 110.
13. Federal'naya nauchno-tehnicheskaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva na 2017–2030 gody, utverzhennaya postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 25 avgusta 2017 g. № 996 "Ob utverzhdenii Federal'noj nauchno-tehnicheskoy programmy razvitiya sel'skogo hozyajstva na 2017–2030 gody".
14. Shchukina E.S., Glazko V.I., Glazko T.T. i dr. Sinteticheskij trekhporodnyj kross krolika i ego "novizna" po otnosheniyu k iskhodnym porodam // Krolikovodstvo i zverovodstvo. 2019. № 4. S. 26–33.
15. Dekkers J.C. Application of genomics tools to animal breeding // Curr Genomics. 2012. № 13(3). P. 207–212.
16. Klingenberg C.P. A developmental perspective on developmental instability: theory, models and mechanisms Laboratory for Development and Evolution» // University Museum of Zoology. Department of Zoology. Downing Street. Cambridge CB2 3EJ, United Kingdom. 2003.

Поступила в редакцию 01.08.2024

Принята к публикации 15.08.2024

МОШКИ (*DIPTERA, SIMULIIDAE*) КАК БИОИНДИКАТОРЫ ВОДОЕМОВ*

Ольга Александровна Фёдорова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
ORCID: 0000-0002-0589-2373

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии-филиал
Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра
Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Тюмень, Россия
E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты многолетнего изучения (с 2006 года) особенностей выплода кровососущих мошек (*Diptera, Simuliidae*) в реках юга Тюменской области. Проведенные исследования позволили выявить места выплода четырех видов, принадлежащих к четырем родам кровососущих мошек — биоиндикаторов *Byssodon maculatus* Mg., *Cnetha verna* Rubz., *Schoenbaueria pusilla* Rub., *Boophthora erythrocephala* D.G. Из них редкие — *Cnetha verna* Rubz. и *Boophthora erythrocephala* D.G. В р. Тура обнаружены единичные особи указанных видов, что свидетельствует о загрязненности водоема. Благодаря высокой чувствительности к изменениям в окружающей среде, мошки — перспективные объекты для использования в биоиндикационных исследованиях.

Ключевые слова: Тюменская область, кровососущие мошки, биоиндикация, водоемы

MIDGES (*DIPTERA, SIMULIIDAE*) AS BIOINDICATORS OF WATER BODIES

O.A. Fedorova, PhD in Biological Sciences, Leading Researcher

All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology —
Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre
of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia
E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a long-term study (since 2006) of the breeding of blood-sucking midges breeding characteristics (*Diptera, Simuliidae*) in the rivers of the Tyumen region south. The studies allowed us to identify the breeding sites of four species belonging to four genera of blood-sucking midges are bioindicators *Byssodon maculatus* Mg., *Cnetha verna* Rubz., *Schoenbaueria pusilla* Rub., *Boophthora erythrocephala* D.G. Where the rare ones are *Cnetha verna* Rubz. and *Boophthora erythrocephala* D.G. The density of larvae and pupae in the habitat is insignificant is 5–20 pcs./dm². Single individuals of the above species were found in the Tura River, which indicates pollution of the reservoir. Due to their high sensitivity to changes in the environment, midges are promising objects for bioindication studies.

Keywords: Tyumen region, blood-sucking midges, bioindication, reservoirs

В экосистемах водоемов наблюдаются изменения под влиянием естественных факторов окружающей среды и антропогенного воздействия. Последнее приводит к изменению сообществ гидробионтов организмов. Экологическое состояние водных объектов — интегральный показатель общего экологического состояния местности. Значительную роль при формировании фауны и флоры прилегающих территорий играют водные экосистемы, которые живые организмы используют при миграциях и расселении. [2, 4] Поэтому особенно актуальны исследования закономерностей реакций водных организмов на меняющиеся условия окружающей среды. [3]

Насекомые — один из компонентов биогеоценозов. Изучение природных популяций насекомых может показать зависимость их биологического состояния от качества окружающей среды. Это позволяет использовать данные о влиянии антропогенных факторов на изменчивость насекомых в экологическом мониторинге (биоиндикация). Реакция насе-

комых на те или иные виды загрязнителей различна, зависит от вида насекомого, расстояния от источника и срока выброса. В качестве биоиндикаторов могут быть любые гидробионты, их популяции и сообщества. Наиболее удобный, информативный и надежный биоиндикатор — зообентос. [1] Так же наблюдают за реакцией водорослей (красные, бурые, зеленые) и животных (моллюски, ракообразные и другие). [2] Преимагинальные фазы мошек можно использовать в качестве биоиндикаторов окружающей среды по степени загрязненности проточных водоемов. Личинки мошек входят в состав гидробиоценозов и принимают участие в процессах биологического самоочищения водоемов. На численность мошек и их видовое разнообразие влияет и антропогенный фактор. Они не заселяют мутные ручьи и реки с илистым дном.

Цель работы — изучение особенностей выплода кровососущих мошек *Diptera, Simuliidae* — биоиндикаторов в Тюменской области.

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Изучение и анализ эпизоотического состояния по болезням инвазионной этиологии сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц, изменения видового состава и биоэкологических закономерностей цикла развития паразитов в условиях смешения границ их ареалов тема № FWRZ-2021-0018) / The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Study and analysis of the epizootic state of diseases of invasive etiology of agricultural and unproductive animals, bees and birds, changes in species composition and bioecological patterns of the parasite development cycle in conditions of shifting the boundaries of their ranges topic no. FWRZ-2021-0018).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали амфиболические виды отряда двукрылые (*Diptera*, *Simuliidae*) с 2006 года на реках и ручьях юга Тюменской области. Материал обрабатывали в лаборатории энтомологии и дезинсекции ВНИИВЭА — филиале ТюмНЦ СО РАН.

В качестве критериев для выявления мошек-биоиндикаторов изучали видовой состав выплода в сходных по экологическим условиям, но отличающихся по степени загрязненности водоемов.

Сбор беспозвоночных осуществляли по общепринятой методике. Обследование мест выплода начинали ранней весной и проводили один раз в декаду. Наблюдали за преимагинальными фазами в течение сезона. В местах скопления личинок определяли температуру и уровень воды, скорость течения (в стоячих водоемах мошки не развиваются).

Личинки и куколки охотно селятся в прибрежной части на водной растительности (листья осоки), камнях, тальнике. Устанавливали плотность их заселения на 1 дм² исследуемого субстрата.

Для идентификации видовой принадлежности насекомых использовали бинокулярный микроскоп МБС, Микромед МС-2 Zoom, а также специальную литературу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Природные условия юга Тюменской области благоприятствуют массовому выплоду кровососущих двукрылых насекомых.

При возрастающем антропогенном воздействии на природу актуально изучение современного состояния фауны и экологии мошек как биоиндикаторов водоемов для выявления накопления загрязняющих веществ, влияния неблагоприятных факторов среды.

В ходе исследований нами были найдены места выплода четырех видов кровососущих мошек — биоиндикаторов: *Byssodon maculatus* Mg., *Cnetha verna* Rubz., *Schoenbaueria pusilla* Rub. и *Boophthora erythrocephala* D.G., из них редкие — *Cnetha verna* Rubz. и *Boophthora erythrocephala* D.G.

Каждый из водоемов представляет собой экологически своеобразный биотоп со своим гидрологическим режимом.

Полученные данные свидетельствуют о загрязненности водоемов и подтверждают, что мошки — биоиндикаторы не заселяют мутные реки и ручьи с илистым дном и содержащимися в воде токсикантами. Минеральные вещества забивают кокон, дыхательные нити, а органические — окисляясь, уменьшают содержание в воде кислорода. В нашем случае такой пример — р. Тура с высокой мутностью воды, где мошки отмечаются единично, плотность личинок и куколок в месте обитания — 5...20 особ./дм².

Численность личинок и куколок в водотоках изменялась от 2 до 390 особ./дм² субстрата, наиболее высокую наблюдали в реках Исеть, Пышма, Иска. Окукливание личинок начиналось со II декады мая. Сравнение плотности преимагинальных фаз мошек показало, что в сезон 2007 года при высоком длительном паводке, водотоки были более интенсивно заселены мошками, что согласуется с данными других исследователей о зависимости обилия личинок и куколок

от гидрологического режима рек. При выходе рек из берегов создаются наилучшие условия для преимагинального развития мошек. Высокий продолжительный паводок и медленный спад воды позволяют водным фазам завершить развитие.

На р. Исеть со скоростью течения не менее 0,25 м/сек., крутым берегом, песчано-илистым дном, температурой воды с июня по август — 16...23,5°C первые личинки появились в конце мая — начале июня. Наибольшее их количество мы находили на прибрежных участках крутых и обрывистых берегов с обилием в воде поваленных деревьев, где скорость течения достигала 0,8 м/с.

Во II декаде июня при температуре воды 23,5°C на ветке тальника плотность заселения личинок — 210, куколок — 25 особ./дм². В конце июня количество куколок стало преобладать (до 700) при плотности личинок до 50 особ./дм². В конце II декады июля во время подъема уровня реки и температуре воды 25°C, на субстрате обнаружены личинки и куколки с плотностью 10 и 100 особ./дм² соответственно и из половины куколок уже произошел вылет. В конце июля при спаде уровня воды и температуре 16°C найдены единичные особи личинок и много пустых куколок.

В I декаде августа при температуре воды 16°C на ветке тальника отмечены единичные личинки, плотность куколок — 60 особ./дм², но из большинства мошки уже вылетели. В августе продолжался спад уровня воды и на субстрате встречались единичные особи личинок при плотности куколок 50 особ./дм².

Таким образом, р. Исеть — место массового выплода мошек. Максимальная плотность личинок была в начале II декады июня (до 200 особ./дм²), куколок — в конце июня (до 700 особ./дм²). С середины июля численность личинок значительно уменьшилась. До конца августа встречались единичные особи личинок и куколок, из большинства которых произошел вылет.

Периодически обследовали притоки р. Исеть — Бешкиль и Ирью. Они протекают в пойменных участках пастбищ и служат местом водопоя животных, в связи с чем на них имеются многочисленные плотины (запруды) шириной 2...5 м, что приводит к снижению скорости течения и застою воды. В таких речках личинки и куколки мошек были только около плотин. На р. Бешкиль при ограниченном стоке воды личинки и куколки обнаружены выше плотины, где скорость течения увеличивалась перед входом в трубу, непосредственно в самой трубе и ниже плотины, где вода падает и обогащена кислородом. Ниже плотины плотность куколок 28 июня — около 500 особ./дм². На участках рек Ирью и Бешкиль со скоростью течения 0,1...0,3 м/с личинок и куколок не находили.

Р. Юзя обследована недалеко от устья около моста, из-за строительства которого грунт состоял из песка и гравия, глубина 15...30 см, ширина — около 2 м. Выше и ниже моста дно реки илистое, глубина до 1 м. Берега с зарослями ивняка и осоки. Единичных личинок и куколок находили на листьях растений и камнях на перекате, выше и ниже его они не обнаружены вследствие медленного течения.

Скорость течения — одно из необходимых условий распространения мошек. В крупных реках Среднего

Приобья наибольшая численность личинок наблюдается при 0,7...1,2 м/с, в малых — 0,5...0,8 м/с.

Сравнение плотности преимагинальных фаз мошек показало, что в сезоны 2006 и 2020 годов средняя численность личинок и куколок была низкой (2...97 особ./дм²) из-за отсутствия весеннего паводка. В 2019 году наиболее высокая средняя плотность личинок и куколок составила от 100 до 200 особ./дм² в р. Цинга, в 2023 — их не было обнаружено. Это объясняется увеличением мутности воды (см. рисунок, 3-я стр. обл.).

В результате исследований, проведенных на юге Тюменской области, установлены места выплода четырех видов кровососущих мошек — биоиндикаторов: *Byssodon maculatus* Mg., *Cnetha verna* Rubz., *Schoenbaueria pusilla* Rub. и *Boophthora erythrocephala* D.G., из них редкие — *Cnetha verna* Rubz., *Boophthora erythrocephala* D.G.

Тема актуальная и требуется дальнейшее изучение мошек как биоиндикаторов водоемов для выявления накопления загрязняющих веществ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Минченко Е.Е., Пахомова Н.А. Оценка состояния городских водных экосистем по гидробиологическим показателям // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 3. С. 48–55.
2. Павловская В.В. Экологические аспекты реакции моллюсков *Dreissena Polymorpha* (Pllas. 1771) на действие ионов тяжелых металлов. 03.00.16. Экология. Автореф. дис. ... канд. биол. н-к. Калининград. 2007. 25 с.

3. Рындевич С.К., Лукашук А.О., Земоглядчук А.В. и др. Насекомые биоиндикаторы (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) и критерии ненарушенных водных экосистем Беларуси // Вестник БарГУ. Серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)». 2020. Вып. 8. С. 99–119.
4. Fiodorova O.A., Sivkova E.I. Blood-sucking midges ecologia in pastures and cattle farms of the Tyumen region // Ukrainian journal of Ecology. 2020. T.10. № 4. P. 43–47. https://doi.org/10.15421/2020_165

REFERENCES

1. Minchenok E.E., Pahomova N.A. Ocenka sostoyaniya gorodskih vodnyh ekosistem po gidrobiologicheskim pokazatelyam // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2016. № 3. S. 48–55.
2. Pavlovskaya V.V. Ekologicheskie aspekty reakcii mollyuskov *Dreissena Polymorpha* (Pllas. 1771) na dejstvie ionov tyazhe-lyh metallov. 03.00.16. Ekologiya. Avtoref. dis. ... kand. biol. n-k. Kaliningrad. 2007. 25 s.
3. Ryndevich S.K., Lukashuk A.O., Zemoglyadchuk A.V. i dr. Nasekomye bioindikatory (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) i kriterii nenarushennyh vodnyh ekosistem Belarusi // Vestnik BarGU. Seriya «Biologicheskie nauki (obshchaya bi-ologiya). Sel'skohozyajstvennye nauki (agronomiya)». 2020. Vyp. 8. S. 99–119.
4. Fiodorova O.A., Sivkova E.I. Blood-sucking midges ecologia in pastures and cattle farms of the Tyumen region // Ukrainian journal of Ecology. 2020. T.10. № 4. P. 43–47. https://doi.org/10.15421/2020_165

Поступила в редакцию 27.05.2024

Принята к публикации 10.06.2024

УДК 619:616.9:578.42:595:771

DOI: 10.31857/S2500208224060224, EDN: WSJHNBZ

ОСОБЕННОСТИ ФАУНЫ И БИОТОПИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРОВОСОСУЩИХ МОШЕК (*DIPTERA: SIMULIIDAE*) В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПЕРЕНОСЧИКОВ ТУЛЯРЕМИИ*

Ольга Александровна Фёдорова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
ORCID: 0000-0002-0589-2373

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии-филиал
Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра
Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия
E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Аннотация. В статье представлен комплексный эпидемиологический анализ семейства кровососущих мошек (*Diptera: Simuliidae*). Эти насекомые передают патогены человеку и животным, включая вирусы, бактерии и простейших. Рассмотрено их распространение, сезонная динамика и предпочтительные места обитания, а также эпидемиологическое значение в различных географических регионах. Исследование направлено на информирование и руководство в области общественного здравоохранения для разработки более эффективных стратегий контроля и профилактики заболеваний, передаваемых кровососущими мошками.

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Изучение и анализ эпизоотического состояния по болезням инвазионной этиологии сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц, изменения видового состава и биоэкологических закономерностей цикла развития паразитов в условиях смешения границ их ареалов тема № FWRZ-2021-0018» / The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation “Study and analysis of the epizootic state of diseases of invasive etiology of agricultural and unproductive animals, bees and birds, changes in species composition and bioecological patterns of the parasite development cycle in conditions of shifting the boundaries of their ranges topic no. FWRZ-2021-0018”.

Изменение состояния региональных фаун, сопряженное со смещением границ ареалов видов, может быть объяснено как антропогенным преобразованием ландшафтов, так и динамикой климата. Из выявленного нами списка кровососущих мошек, обитающих на территории Тюменской области, потенциальные переносчики возбудителей туляремии — *B. maculatus*, *Sch. pusilla*, что согласуется с литературными данными.

Ключевые слова: Тюменская область, туляремия, кровососущие мошки (*Diptera: Simuliidae*), распространение, переносчики

FEATURES OF BLOOD-SUCKING MISCELLANEOUS FLIES (DIPTERA: SIMULIIDAE) BIOTOPIC DISTRIBUTION IN THE TYUMEN REGION AS POTENTIAL VECTORS OF TULAREMIA

O.A. Fedorova, PhD in Biological Sciences, Leading Researcher

All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology –
Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia
E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Abstract. The article presents a comprehensive epidemiological analysis of the family of blood-sucking midges (*Diptera: Simuliidae*). These insects are known for their role in the transmission of various pathogens to humans and animals, including viruses, bacteria and protozoa. Their distribution, seasonal dynamics and preferred habitats, as well as epidemiological significance in different geographic regions are considered. The study aims to inform and guide public health for the development of more effective strategies for the control and prevention of diseases transmitted by blood-sucking midges. Changes in the state of regional faunas associated with the shift in the boundaries of species ranges can be explained by both anthropogenic transformation of landscapes and climate dynamics. From the list of blood-sucking midges identified by us, inhabiting the territory of the Tyumen region, potential vectors of tularemia pathogens are *B. maculatus*, *Sch. pusilla*, which is consistent with the literature data.

Keywords: Tyumen region, tularemia, blood-sucking midges (*Diptera: Simuliidae*), distribution, vectors

На значительной территории РФ (Республика Карелия, Волгоградская, Ростовская, Орловская, Рязанская, Ярославская, Томская, Омская, Тюменская области, Ханты-Мансийский автономный округ, г. Санкт-Петербург, п-ов Камчатка, Хабаровский край) отмечается высокая активность кровососущих двукрылых насекомых (слепни семейства *Tabanidae*, комары — *Culicidae*, мошки — *Simuliidae*, мокрецы — *Ceratopogonidae*) — переносчиков возбудителя туляремии. [3, 5]

В Уральском Федеральном округе выявлен один случай туляремии в 2024 году у жителя Абатского района Тюменской области.

Меняющиеся климатические условия приводят к расширению ареалов обитания насекомых. Учитывая их пассивные миграции на большие расстояния, можно объяснить вспышки заболевания туляремии крупного рогатого скота на значительном удалении от мест выплода.

Природные очаги туляремии представляют собой устойчивые паразитарные системы, которые многие годы сохраняют свой эпизоотический и эпидемический потенциал. Основные факторы, определяющие их стабильность, — высокая экологическая пластичность возбудителя, полигостальность и поливекторность очагов, множественность механизмов передачи инфекции, а также длительность сохранения возбудителя во внешней среде (особенно при низких температурах). [7]

Практически все субъекты РФ энзоотичны по туляремии. Наиболее активные природные очаги расположены в Центральной России и Западной Сибири, относятся к экосистемам, которые связаны с бассейнами крупных рек. Особую эпидемическую опасность несут природные очаги пойменно-болотного типа, основные источники и носители возбудителя в которых — околоводные млекопитающие (водяная полевка, ондатра и

другие), переносчики — кровососущие членистоногие. В доступной нам литературе нет полной картины аналитических исследований по изучению переносчиков возбудителей туляремии кровососущими мошками, большинство работ посвящены грызунам, клещам, комарам (*Aedes*), слепням (*Tabanus*). [3] Эпидемиологические исследования показывают, что туляремия эндемична в большинстве регионов мира. [7]

Цель работы — изучение видового разнообразия кровососущих мошек (*Diptera: Simuliidae*), на территории Тюменской области как потенциальных переносчиков туляремии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Результаты работы основываются на материалах собственных исследований, выполненных в лаборатории энтомологии и дезинсекции ВНИИВЭА— филиал ТюмНЦ СО РАН, в природно-географических подзонах южной тайги и мелколиственных осиново-березовых лесов, лесной и лесостепной зонах и анализе литературных данных.

Были использованы общепринятые методы по отлову и идентификации видовой принадлежности насекомых. Проанализирована научная литература, входящая в базы данных Российской научной электронной библиотеки, PubMed, WoS, Scopus.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Кровососущие двукрылые насекомые, представляющие опасность как переносчики многих инфекционных и инвазионных заболеваний человека и животных, широко распространены на территории Тюменской области из-за ее географических, экологических и биологических особенностей. Наличие различных но-

сителей способствует увеличению эпизоотической активности. Расширение ареалов обитания насекомых, сдвиги фенологических дат развития связаны с процессами изменения климата и антропогенным преобразованием ландшафтов.

Особое значение в распространении трансмиссивных болезней имеет возможность насекомых преодолевать большие расстояния. Средний радиус разлета кровососущих мошек от мест выплода в зависимости от ландшафта местности — 1...40 км, а при наличии сильных ветров — до 200 км. [1, 4, 6, 8]

Во всех природно-климатических зонах Тюменской области появление кровососущих мошек наблюдается в III декаде мая, а исчезновение — в середине—конце августа (иногда в середине сентября), то есть общий период лёта составляет в среднем более трех месяцев. Массовый лёт мошек продолжается с конца мая—середины I декады июня до середины—конца II декады июля.

Фауна мошек юга Тюменской области, согласно нашим исследованиям, насчитывает 16 видов десяти родов, в том числе в подзонах средней тайги — 9, южной — 11, осиново-березовых лесов — 15 и в зоне лесостепи — 10. Впервые нами выявлено по одному виду в южной тайге (*S. longipalpe*), мелколиственных осиново-березовых лесах (*Sch. subpusilla*) и лесостепи (*Byssodon maculatus*). Большинство видов (10) распространено практически во всех местах наших исследований. Два вида встречаются только в лиственных лесах, один — в средней тайге.

Максимальную общность видового состава, согласно коэффициенту Жаккара, наблюдали в подзонах южной тайги, мелколиственных осиново-березовых лесов (73,3%) и лесостепи (75,0%). Видовой состав осиново-березовых лесов и лесостепи был идентичен на 66,7%. Наименьшее сходство отмечено при сравнении фаун средней тайги с другими подзонами (46,15...53,8%).

Большинство видов, обнаруженных на территории Тюменской области, имеют обширный ареал и встречаются на всей территории России. Основная часть фауны кровососущих мошек — палеарктические виды. Согласно классификации эколого-географических комплексов, разработанной И.А. Рубцовым (1956), фауна мошек в ландшафтно-географических зонах представлена шестью речными видами бореального комплекса (*B. maculatus* Mg., *Sch. nigra*, *B. erythrocephala*, *Sch. pusilla*, *P. transiens*, *S. reptans*), и десятью родниково-ручьевыми видами степного комплекса. Во всех подзонах широко распространены *B. maculatus*, *Sch. pusilla*, *O. ornata*, первые два вида составляют основную часть популяции. Из выявленного нами фаунистического списка кровососущих мошек, обитающих на территории Тюменской области, потенциальные переносчики возбудителя туляремии — *B. maculatus*, *Sch. Pusilla*. Во всех исследованных природно-климатических условиях один из наиболее многочисленных видов — *B. maculatus*.

Анализ литературы показал, что кровососущие мошки *Eusimulium pusillum* — механические переносчики возбудителя туляремии, очаги зафиксированы в пойменно-болотистой зоне. В Якутии (долина р. Лена) установлены переносчиками мошки вида *B. maculatus* (*Titanopteryx maculata*) (культура выявлена

у 14 из 108500 экз.). Экспериментальным путем были выделены туляремийные штаммы из кровососущих мошек *Byssodon maculatus* Mg., *Simulium sp. aff. venustum* Say., *S. rostratum* Lund. *Sch. pusilla* Fries.

Согласно докладу Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области (2013 год) в Новохоперском районе отмечается циркуляция возбудителя туляремии среди мошек, подтвержденная наличием антигена в четырех пробах. [2]

Инфекционные болезни человека и животных, в том числе и трансмиссивные, распространены практически повсеместно. Потепление климата приводит к изменению условий существования популяций переносчиков и развития возбудителей в них, а также жизни различных позвоночных животных, которые в случае природно-очаговых заболеваний служат резервуарами инфекции. Характер их действия на территории России в последние десятилетия существенно изменился.

Таким образом, результаты исследований показали, что на территории Тюменской области два вида кровососущих мошек (*B. maculatus*, *Sch. pusilla*) можно считать потенциальными переносчиками тулярии, вид *B. maculatus* — доминирующий.

Большой научно-практический интерес представляет дальнейшее изучение биологии наиболее массовых видов кровососущих насекомых в различных географических зонах России. Особенно недостаточно знаний о полном цикле развития видов от яйца до имаго.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Веселкин Г.А. Особенности локализации некоторых кровососущих двукрылых насекомых на теле хозяев // Мат. I Всерос. совещ. по кровососущим насекомым (Санкт — Петербург, 24—27 октября 2006 г.). СПб, 2006. С. 42—44.
2. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2013 году. Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2014. 233 с.
3. Кудрявцева Т.Ю., Мокриевич А.Н. Эпидемическая активность природных очагов туляремии на территории Российской Федерации в 2018 г. и прогноз ситуации на 2019 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 1. С. 32—41.
4. Медведев С.Г., Айбулатов С.В. Фауна кровососущих насекомых комплекса гнуса (Diptera) ленинградской области и Санкт-Петербурга // Паразитология. 2012. Т. 46. № 5. С. 350—368.
5. Мещерякова И.С., Туляремия. В кн.: Природная очаговость болезней: исследования института Гамалеи РАМН. М., 2003. С. 137—160.
6. Derya Karataş Yeni, Fatih Büyük, Asma Ashraf, M Salah Ud Din Shah. Tularemia: a re-emerging tick-borne infectious disease // Folia Microbiol (Praha). 2021. № 66(1). P. 1—14. <https://doi.org/10.1007/s12223-020-00827-z>
7. Fooladfar Z., Moradi F. Francisella and tularemia in western Asia, Iran: a systematic review // New Microbes New Infect. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2023.101092>.
8. Oyston P.C.F., Green M., Titball R.W. Tularemia Clin Microbiol Rev. 2002. № 15(4). P. 631—646. <https://doi.org/10.1128/CMR.15.4.631-646.2002>

REFERENCES

1. Veselkin G.A. Osobennosti lokalizatsii nekotorykh krovososushchih dvukrylyh nasekomykh na tele hozyaev // Mat. I Vse-ros. soveshch. po krovososushchim nasekomym (Sankt – Peterburg, 24–27 oktyabrya 2006 g.). SPb, 2006. S. 42–44.
2. Gosudarstvennyj doklad o sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Voronezhskoj oblasti v 2013 godu. Voronezh: Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ev i blagopoluchiya cheloveka po Voronezhskoj oblasti, 2014. 233 s.
3. Kudryavceva T.Yu., Mokrievich A.N. Epidemicheskaya aktivnost' prirodnykh ochagov tulyaremii na territorii Rossijskoj Federatsii v 2018 g. i prognoz situatsii na 2019 g. // Problemy osobo opasnykh infekcij. 2019. № 1. S. 32–41.
4. Medvedev S.G., Ajbulatov S.V. Fauna krovososushchih nasekomykh kompleksa gnusa (Diptera) leningradskoj oblasti i Sankt-Peterburga // Parazitologiya. 2012. T. 46. № 5. S. 350–368.
5. Meshcheryakova I.S., Tulyaremiya. V kn.: Prirodnaya ochagovost' boleznej: issledovaniya instituta Gamalei RAMN. M., 2003. S. 137–160.
6. Derya Karataş Yeni, Fatih Büyük, Asma Ashraf, M Salah Ud Din Shah. Tularemia: a re-emerging tick-borne infectious disease // Folia Microbiol (Praha). 2021. № 66(1). P. 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12223-020-00827-z>
7. Fooladfar Z., Moradi F. Francisella and tularemia in western Asia, Iran: a systematic review // New Microbes New Infect. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2023.101092>
8. Oyston P.C.F., Green M., Titball R.W. Tularemia Clin Microbiol Rev. 2002. № 15(4). P. 631–646. <https://doi.org/10.1128/CMR.15.4.631-646.2002>

Поступила в редакцию 05.09.2024

Принята к публикации 19.09.2024

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ

Яков Петрович Лобачевский^{1,2}, академик РАН, профессор

Алексей Семенович Дорохов¹, академик РАН, главный научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-4758-3843

Алексей Викторович Сибирев¹, доктор технических наук, главный научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-9442-2276

Максим Александрович Мосяков¹, кандидат технических наук

Николай Викторович Сазонов¹, кандидат технических наук

¹ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия

²Российская академия наук, г. Москва, Россия

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

Аннотация. В статье описана методика экспериментальных исследований сепарирующей системы с тепловой энергией очистки машины для уборки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы до 27%, представленной прутковым элеватором и очистительной звездой. Данной системой оснащен самоходный комбайн VARITRON 470, использована дефлекторная система подачи отработавших газов от силовой установки к прутковому элеватору и очистительной звезде. Полевые исследования проводили в Пензенской области на полях ИП Бодягин В.И. Результаты позволяют утверждать о возможности увеличения поступательной скорости движения пруткового элеватора из-за повышения качества очистки товарной продукции с исключением возможности налипания на колосники механических примесей. Определены основные закономерности изменения показателей качества работы сепарирующей системы, свидетельствующие о достижении полноты сепарации товарной продукции на 95,8% при оптимальных значениях расстояния между прутковым элеватором и дефлектором ($S_d = 160$ мм) и поступательной скорости движения пруткового элеватора ($v_d = 1,6$ м/с).

Ключевые слова: картофелеуборочный комбайн, клубни картофеля, сепарирующая система, методика лабораторно-полевых исследований

RESULTS OF LABORATORY AND FIELD STUDIES OF THE SEPARATING SYSTEM OF A POTATO HARVESTING MACHINE

Ya.P. Lobachevsky^{1,2}, Academician of the RAS, Professor

A.S. Dorokhov¹, Academician of the RAS, Chief Researcher

A.V. Sibirev¹, Grand PhD in Engineering Sciences, Chief Researcher

M.A. Mosyakov¹, PhD in Engineering Sciences

N.V. Sazonov¹, PhD in Engineering Sciences

¹FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Moscow, Russia

²Russian Academy of Sciences Moscow, Russia

E-mail: sibirev2011@yandex.ru

Abstract. The article describes a method for experimental studies of a separation system with thermal energy for cleaning a machine for harvesting root crops and potatoes under conditions of increased soil moisture up to 27%, represented by a rod elevator and a cleaning star. The self-propelled combine harvester VARITRON 470 is equipped with this system. When equipping it, a developed deflector system for supplying exhaust gases from the power plant to the rod elevator and cleaning star was used. Field research was carried out in the Penza region in the fields of the IP Bodyagin V.I. The research results allow us to assert the possibility of increasing the forward speed of a rod elevator as a result of improving the quality of cleaning of commercial products, eliminating the possibility of mechanical impurities sticking to the grate bars of a rod elevator. The main patterns of changes in the quality indicators of the developed separating system are determined, indicating that the completeness of separation of commercial products is 95.8% when finding the optimal values of the factors under consideration: the distance between the rod elevator and the deflector $S_d = 160$ mm and the forward speed of the rod elevator $v_d = 1.6$ m/s.

Keywords: potato harvester, potato tubers, separation system with thermal cleaning energy, laboratory and field research methods

Картофель — ценный пищевой продукт, мировой объем его производства устойчиво растет. В картофеле-производящих странах постоянно ведутся исследования по разнообразному кругу вопросов картофелеводства, в том числе перспективам его развития. Накоплен богатый опыт его производства в различных условиях, в которых применяют соответствующие сорта, технологии и способы посадки, уборки, обработки, хранения и переработки. [6–9] В технологии возделывания картофеля еще используют ручной труд, имеются потери урожая, трудности при реализации. Качество клубней не всегда удовлетворяет требованиям потребителей и

переработчиков. Особое внимание уделяют снижению повреждений картофеля, закладываемого на хранение. При повышении индекса повреждений с 3,65 до 38,8 потери при хранении растут более чем в два раза — с 4,3 до 10,9%. Для снижения повреждений клубней картофеля в процессе уборки необходимо модернизировать существующие сепарирующие рабочие органы картофелеуборочных комбайнов. За последние годы новых решений по этому вопросу не было.

Уборка урожая — одна из трудоемких и ответственных работ при возделывании корнеплодов. На его сбор и транспортировку приходится от 30 до 50% всех тру-

довых затрат. Не все этапы уборки механизированы. Агротехнические требования — очистить корнеплоды от земли и не допустить их механические повреждения более 5% всей убранной массы. [5, 10]

Требования к качеству выполнения технологической операции уборки клубней картофеля: потери — не более 3%; количество с механическими повреждениями — не более 10; наличие земли и примесей — не более 20%; рабочая скорость — до 7 км/ч. [3]

Для выполнения агротехнических требований в машинах для уборки картофеля сепарация материала осуществляется на рабочих органах, разделяющих компоненты. Наибольшее распространение получили прутковые транспортеры, качающиеся и гиационные грохоты с плоскими решетками, пайлеры, барабанные грохоты.

Механические повреждения сопровождаются нарушением целостности тканей в виде царапин, уколов, порезов, трещин, ушибов, деформаций на клубнях, чаще всего из-за неудовлетворительной работы сепарирующих рабочих органов на почвах с повышенной влажностью. [4] К механическим повреждениям добавляется большое количество трудноотделимых почвенных примесей, что негативно сказывается на сроках хранения готовой продукции.

Требования к качеству продукции изложены в государственных стандартах и должны строго соблюдаться при продаже, покупке, закладке на хранение.

Цель работы — определение режимных параметров системы очистки с теплотой отработавших газов силовой установки самоходного картофелеуборочного комбайна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования сепарирующей системы с тепловой энергией очистки машины для уборки картофеля проводили при повышенной влажности почвы (27%) в Пензенской области на полях ИП Бодягин В.И. при оснащении комбайна VARITRON 470 разработанной системой очистки (рис. 1). Основная конструктивная особенность машины — оригинальная компоновка функционирующих элементов сепарирующих поверхностей, которая обеспечивает плавный (без перепадов) подъем, очистку клубненосного вороха на второй ярус уборочной машины и далее в бункер.

Высокая производительность комбайна и других машин данного типа обусловлена многоярусностью подкапывающих рабочих органов.

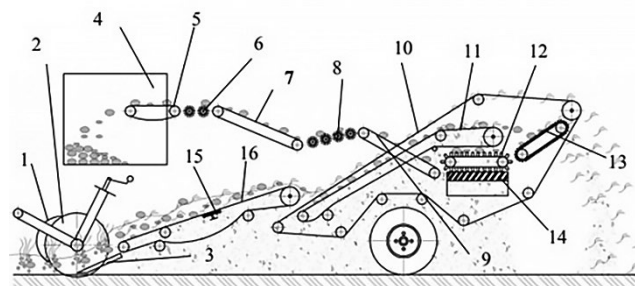


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема самоходного комбайна VARITRON 470 для уборки картофеля:

- 1 — катки; 2 — дисковые ножи; 3 — лемех; 4 — бункер;
- 5 — выгрузной транспортер; 6, 8 — отрывной валик;
- 7 — переборочный стол; 9 — подъемный транспортер;
- 10 — редкопрутковый транспортер; 11 — каскадный транспортер;
- 12 — щеточный сепаратор; 13 — горка; 14 — очесывающий валик;
- 15 — встряхиватель; 16 — основной транспортер.

Конструктивная схема разработанной сепарирующей системы представлена на рисунке 2 при варьировании исследуемых параметров: межсоевое расстояние — S_d между дефлекторами, м; междефлекторное — B_d , м; междитранспортерное — $B_{дэл}$, м.

Лабораторные исследования экспериментальной сепарирующей системы выполняли согласно методике проведения испытаний СТО АИСТ 8.5 — 2010.

Оценивали физико-механический состав товарной продукции и ее характеристики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Отличительная особенность усовершенствованного картофелеуборочного комбайна от базовой модели в использовании дефлекторов системы отработавших газов силовой установки самоходного комбайна VARITRON 470 при увеличении поступательной скорости движения пруткового элеватора с исключением возможности налипания на колосники механических примесей.

Межсоевое расстояние S_d между дефлекторами определяется необходимостью обеспечения равномерного обдува сепарирующей поверхности с постоянным температурным полем $T = \text{const}$ пруткового полотна, то есть требуется выполнение условия перекрытия тепловых потоков по всей длине $L_{эл}$ сепарирующей поверхности (рис. 3).

При центральном вводе (по оси аппарата) выхлопного газа за счет кинетической энергии входящей струи он движется преимущественно в центральной части аппарата, постепенно заполняя все сечение. При боковом — входящая газовая струя направляется к противоположной стенке и, ударяясь об нее, идет вверх.

Используют различные типы насадок — дефлектор с диффузором, цилиндрический «грибок» Волпера, Н-образный коллектор из труб, колпак — флюгер, турбодефлектор. Рассмотрим дефлектор с диффузором, его выбор обусловлен увеличением площади распределения тепловых потоков (рис. 4). Для предотвращения воздействия тепловых потоков отработавших газов на сепарируемый материал и рабочую поверхность элеватора необходимо обеспечить выполнение условия:

$$S_d \leq B_{об}, \quad (1)$$

где $B_{об}$ — ширина обдува дефлектором рабочей поверхности пруткового элеватора, м.

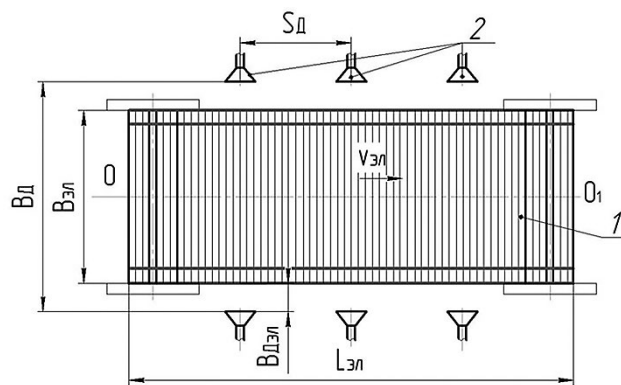


Рис. 2. Конструктивная схема сепарирующей системы с теплотой отработавших газов:

- 1 — прутковый элеватор; 2 — дефлектор отработавших газов.

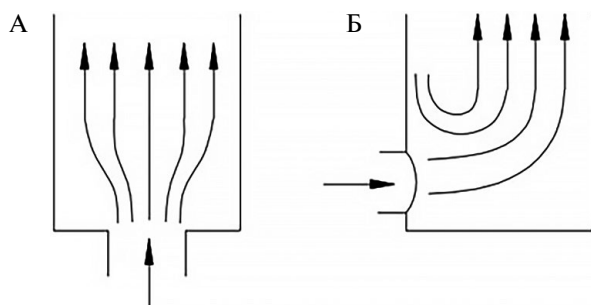


Рис. 3. Распределение газовой струи:
А – при центральном вводе газа; Б – боковом.

Приставка диффузора к соплу приводит к снижению давления в узком месте насадка, увеличению скорости и расхода отработавших газов. $V_{об}$ зависит от конструктивных параметров диффузора и, прежде всего, диаметра выходного участка B_d , так как он влияет на расход выхлопного газа согласно уравнению Бернулли:

$$Q_{\Gamma} = \mu S_B \sqrt{2gH_d}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент расхода; S_B – площадь отверстия, m^2 ; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; H_d – напор выхлопного газа насадка, m .

Площадь отверстия S_B :

$$S_B = \pi B_d^2, \quad (3)$$

где B_d – диаметр насадка, m .

$$\mu = \varepsilon \varphi, \quad (4)$$

где ε – коэффициент сжатия; φ – коэффициент скорости.

$$\varepsilon = \frac{S_B}{2H_d}. \quad (5)$$

Так как длина сопла и диффузора невелики, а скорость течения среды в них достаточно высокая, то теплообмен между стенками канала и средой при малом времени их контакта настолько незначителен, что в большинстве случаев им можно пренебречь и считать процесс истечения адиабатным.

Массовый расход выхлопного газа M_{Γ} через сопло (kg/c) определяется соотношением:

$$M_{\Gamma} = \frac{S_B \cdot c_{2r}}{V_2}, \quad (6)$$

где c_{2r} – скорость выхлопного газа на выходе, m/c ; V_2 – объем выхлопного газа на выходе, m^3 .

$$S_d = \left(\frac{L_{\Gamma}}{B_{\Gamma}} \right) + \frac{B_{\Gamma}}{2}. \quad (7)$$

Междефлекторное расстояние B_d сепарирующей системы с тепловой системой очистки находится, исходя из максимально возможной скорости c_{2max} движения теплового потока отработавших газов при падении напора H_d выхлопного газа через сопло на осевой линии пруткового элеватора OO_1 . Должно соблюдаться условие:

$$H_d \geq B_{\Gamma}. \quad (8)$$

Так как почвенный слой движется по поверхности пруткового элеватора со скоростью v_{Γ} , а дефлекторы расположены на расстоянии S_d при перекрытии

тепловых потоков Q_{Γ} по длине полотна элеватора L_{Γ} , то температурное поле T изменяется только по ширине элеватора B_{Γ} , по длине и его периметру остается неизменным.

Основные закономерности изменения показателей качества работы сепарирующей системы картофеля устанавливали в полевых условиях. Взаимодействие систем очистки базовой уборочной машины с разрабатываемой функционировали при адаптации основных функциональных элементов с теплотой отработавших газов силовой установки при монтаже дефлекторов на коллектор двигателя.

Определение показателей качества уборки картофеля самоходным комбайном, при его оснащении разработанной сепарирующей системой, выполняли в диапазоне режимных и технологических параметров, полученных при проведении лабораторных исследований в 2022 году. [1, 2]

Показатели качества работы сепарирующей системы свидетельствуют о достижении полноты сепарации товарной продукции 95,8% при нахождении оптимальных значений поступательной скорости движения пруткового элеватора $v_d = 1,6 m/c$ и расстояния между ним и дефлектором $S_d = 160 mm$ (рис. 5).

Закономерность изменения полноты сепарации клубней картофеля в условиях уборки при повышенной влажности почвы определяется выражением:

$$v_k = 109,39 - 0,23 \cdot S_d + 0,75 \cdot S_d^2. \quad (9)$$

Установили параметры оценки: дисперсия ошибки опыта, $S_y^2 = 7$; стандартная ошибка, $S_{bk} = 1,12$; дисперсия ошибки, $S_{bk}^2 = 1,23$; дисперсия воспроизводимости, $S_{воспр}^2 = 14,48$; дисперсия неадекватности, $S_{неадекв}^2 = 1,232$.

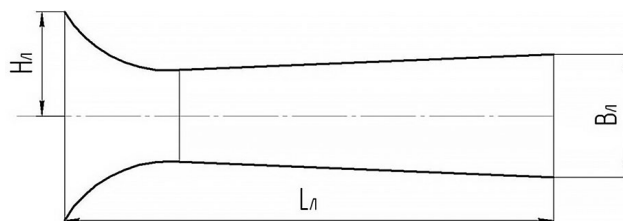


Рис. 4. Конструктивная схема дефлектора.

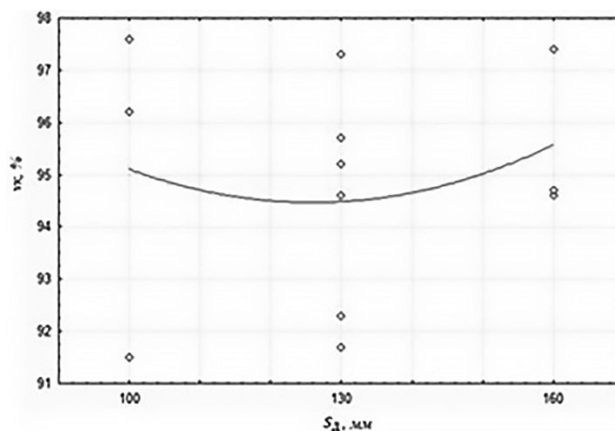


Рис. 5. Зависимость полноты сепарации v_k , % клубней картофеля от расстояния S_d между прутковым элеватором и дефлектором, $v_d = 1,6 m/c$.

Исследование зависимости полноты сепарации клубней картофеля при значении расстояния между прутковым элеватором и дефлектором $S_d = 160$ мм выполняли исходя из предположения о возможности отслаивания подсохшего слоя почвенных примесей с поверхности колосниковых элементов полотна транспортера при их взаимодействии с интенсификаторами сепарации.

Увеличение поступательной скорости движения от 1,6 до 1,8 м/с повышает сепарирующую способность полотна от 94,8 до 95,9% в соответствии с эмпирической зависимостью (рис. 6):

$$v_k = 176,53 - 102,64 \cdot v_d + 32,02 \cdot v_d^2 \quad (10)$$

График на рисунке 7 отображает корреляционную зависимость качественных показателей (v_k) уборки клубней картофеля от исследуемых технологических параметров сепарирующей системы S_d и v_d , которая выражается уравнением параболических функций:

$$\begin{cases} v_d = -47,81 + 1,04 \cdot v_k - 0,15 \cdot v_k^2, \\ S_d = 18550,56 + 394,54 \cdot v_k - 2,08 \cdot v_k^2. \end{cases} \quad (11)$$

В результате дисперсионного анализа зависимости полноты сепарации клубней картофеля от расстояния между прутковым элеватором и дефлектором, а также поступательной скорости движения пруткового элеватора установлены основные статистические характеристики: дисперсия ошибки опыта, $S_y^2 = 6$; стандартная ошибка, $S_{bk} = 1,08$; дисперсия ошибки, $S_{bk}^2 = 1,19$;

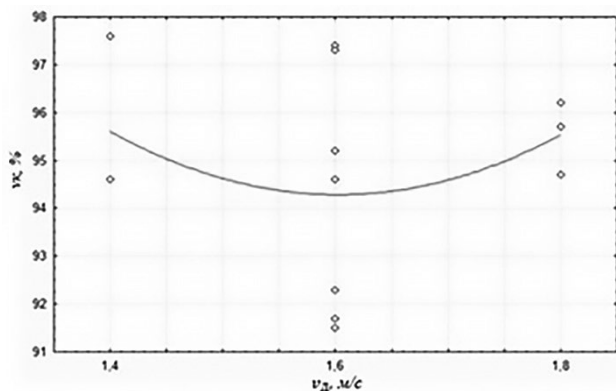


Рис. 6. Зависимость полноты сепарации v_k , % корнеплодов сахарной свеклы от поступательной скорости движения пруткового элеватора v_d , при $S_d = 130$ мм.

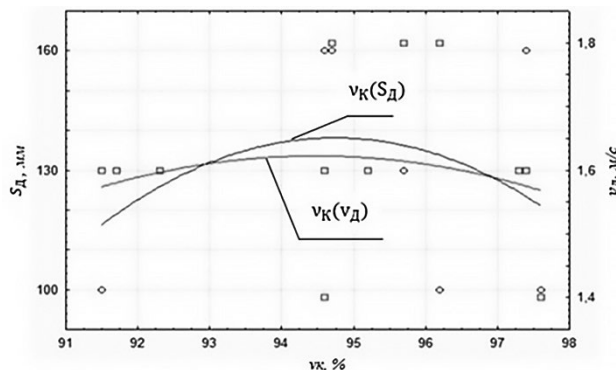


Рис. 7. Зависимость полноты сепарации v_k , % клубней картофеля от расстояния S_d между прутковым элеватором и дефлектором и поступательной скорости движения пруткового элеватора v_d .

дисперсия воспроизводимости, $S_{воспр}^2 = 12,33$; дисперсия неадекватности, $S_{неадекв}^2 = 1,184$.

Экспериментальные исследования картофелеуборочного комбайна в производственных условиях, оснащенного системой сепарации с использованием теплоты отработавших газов позволяют сделать вывод о том, что максимальная полнота сепарации — 93,0...97,0% обеспечивается при оптимальных значениях поступательной скорости движения пруткового элеватора ($v_d = 1,6$ м/с) и расстояния между прутковым элеватором и дефлектором ($S_d = 130...140$ мм).

Построим статистический ряд, расположив информацию о полноте сепарации (v , %) клубней картофеля в порядке возрастания:

$$X = \begin{pmatrix} X_0 = 93,8 \\ X_1 = 93,9 \\ X_2 = 94,0 \\ X_3 = 94,1 \\ X_4 = 94,2 \\ X_5 = 94,3 \\ X_6 = 94,4 \\ X_7 = 94,5 \\ X_8 = 94,6 \\ X_9 = 94,7 \\ X_{10} = 94,8 \\ X_{11} = 94,9 \\ X_{12} = 95,1 \\ X_{13} = 95,2 \\ X_{14} = 95,3 \\ X_{15} = 95,4 \\ X_{16} = 95,5 \\ X_{17} = 95,6 \\ X_{18} = 95,7 \\ X_{19} = 95,8 \end{pmatrix}.$$

Среднее значение полноты сепарации (v , %):

$$X_{CP} = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} X_j}{N} = 94,6\%.$$

Среднеквадратическое отклонение (v , %):

$$\text{Stdev}(x) = \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{N-1} (X_{CP} - X_j)^2}{N-1}} = 1,54.$$

Коэффициент вариации (v , %):

$$v = \frac{\text{Stdev}(x)}{X_{CP} - X_{CM}} = \frac{1,54}{95,4 - 94,6} = 0,234.$$

Математическое ожидание $M(X)$ нормального закона распределения сепарации клубней картофеля:

$$M(X) = 0,3$$

Величина математического ожидания свидетельствует о конкретном значении полученного закона распределения сепарации клубней картофеля разработанной сепарирующей системой с теплотой отработавших газов в приближительных расчетах или оценки процесса очистки.

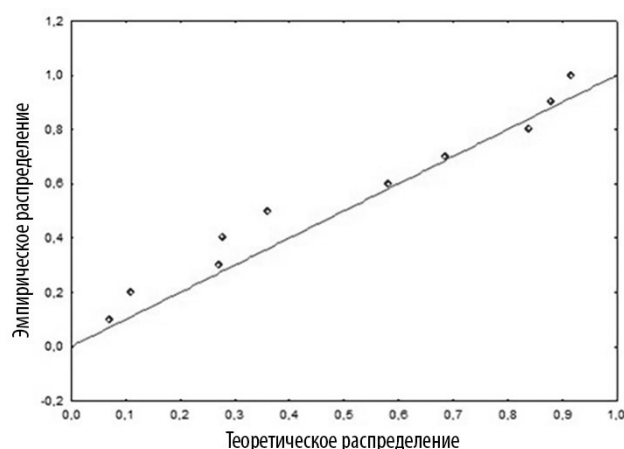


Рис. 8. График зависимости значений от ожидаемых частот распределения.

Квантиль распределения Стьюдента:

$$T = qt\left(1 - \frac{\alpha}{2}, v\right) = 2,023.$$

Сравним графически наблюдаемые и ожидаемые частоты построением графика рассеяния (рис. 8).

Выводы. По результатам экспериментальных исследований картофелеуборочного комбайна в производственных условиях, оснащенного системой сепарации с использованием теплоты отработавших газов, можно сделать вывод, что максимальная полнота сепарации в диапазоне 93,0...97,0% обеспечивается при оптимальных значениях поступательной скорости движения пруткового элеватора 1,6 м/с и расстоянии между ним и дефлектором 130...140 мм.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дорохов А.С., Аксенов А.Г., Сибирев А.В. и др. Результаты лабораторных исследований сепарирующей системы с использованием теплоты отработавших газов машины для уборки картофеля // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 1 (65). С. 45–49.
2. Дорохов А.С., Сибирев А.В., Аксенов А.Г. и др. Результаты лабораторных исследований сепарирующей системы с тепловой энергией очистки машины для уборки корнеплодов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. № 1. С. 19–26.
3. Елизаров В.П., Бурченко П.Н., Спирин А.П. и др. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. М., 2005. 270 с.
4. Кияшко Н.В. Стандартизация и сертификация сельскохозяйственной продукции. ФГБОУ ВО Приморская ГСХА; сост. Н.В. Кияшко. 2-е изд., перераб. и доп. Уссурийск, 2015. 200 с.
5. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. Технология и средства механизации гребневого возделывания пропашных культур. Ульяновск, 2017. 320 с.
6. Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 36. С. 40–45. Режим доступа: <https://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-3-36-2019/>
7. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского

хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. № 15 (4). С. 6–10.

<https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>

8. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. № 16 (4). С. 4–12. EDN: IDJFYV. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12>.
9. Indraje D., Ajkhilesh, J., Vishal, P. Review paper based on Design and Development of An Onion Harvesting Machine. J. Inf. Comput. Sci. 2019. № 9. P. 333–337. Available online: <https://www.researchgate.net/publication/339201506> (accessed on).
10. Pasaman B., Zakharchuk V. The determination of the parameters of a ploughshare-rotor potato digger. Econtechmod. Int. Q.J. 2012. P. 43–47. Available online: <http://www.journals.pan.pl/dlibra/publication/98931/edition/85237/content> (accessed on)

REFERENCES

1. Dorohov A.S., Aksenov A.G., Sibiryov A.V. i dr. Rezul'taty laboratornykh issledovaniy separiruyushchej sistemy s ispol'zovaniem teploty otrabotavshih gazov mashiny dlya uborki kartofelya // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. T. 17. № 1 (65). S. 45–49.
2. Dorohov A.S., Sibiryov A.V., Aksenov A.G. i dr. Rezul'taty laboratornykh issledovaniy separiruyushchej sistemy s teplovoj energiej ochistki mashiny dlya uborki korneplodov // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2022. № 1. S. 19–26.
3. Elizarov V.P., Burchenko P.N., Spirin A.P. i dr. Iskhodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operacii v rastenievodstve. M., 2005. 270 s.
4. Kiyashko N.V. Standartizaciya i sertifikaciya sel'skohozyajstvennoj produkcii. FGBOU VO Primorskaya GSXA; sost. N.V. Kiyashko. 2-e izd., pererab. i dop. Ussurijsk, 2015. 200 s.
5. Kurdyumov V.I., Zykin E.S. Tekhnologiya i sredstva mekhanizacii grebneвого возделывания пропашных kul'tur. Ul'yanovsk, 2017. 320 s.
6. Lobachevskij Ya.P., Bejlis V.M., Cench Yu.S. Aspekty cifrovizacii sistemy tekhnologij i mashin // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2019. № 36. S. 40-45. Rezhim dostupa: <https://vestnik.viesh.ru/journal/vypusk-3-36-2019/>
7. Lobachevskij Ya.P., Dorohov A.S. Cifrovye tekhnologii i robotizirovannye tekhnicheskie sredstva dlya sel'skogo hozyajstva // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2021. № 15 (4). S. 6–10. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
8. Lobachevskij Ya.P., Cench Yu.S. Principy formirovaniya sistem mashin i tekhnologij dlya kompleksnoj mekhanizacii i avtomatizacii tekhnologicheskikh processov // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2022. № 16 (4). P. 4–12. EDN: IDJFYV. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12>.
9. Indraje D., Ajkhilesh, J., Vishal, P. Review paper based on Design and Development of An Onion Harvesting Machine. J. Inf. Comput. Sci. 2019. № 9. P. 333–337. Available online: <https://www.researchgate.net/publication/339201506> (accessed on).
10. Pasaman B., Zakharchuk V. The determination of the parameters of a ploughshare-rotor potato digger. Econtechmod. Int. Q. J. 2012. P. 43–47. Available online: <http://www.journals.pan.pl/dlibra/publication/98931/edition/85237/content> (accessed on)

Поступила в редакцию 11.03.2024
Принята к публикации 25.03.2024

Рисунок к статье Галашевой А.М. и др. «Адаптивный потенциал семечковых культур на примере сортов яблони и сеянцев айвы обыкновенной» (стр. 45)

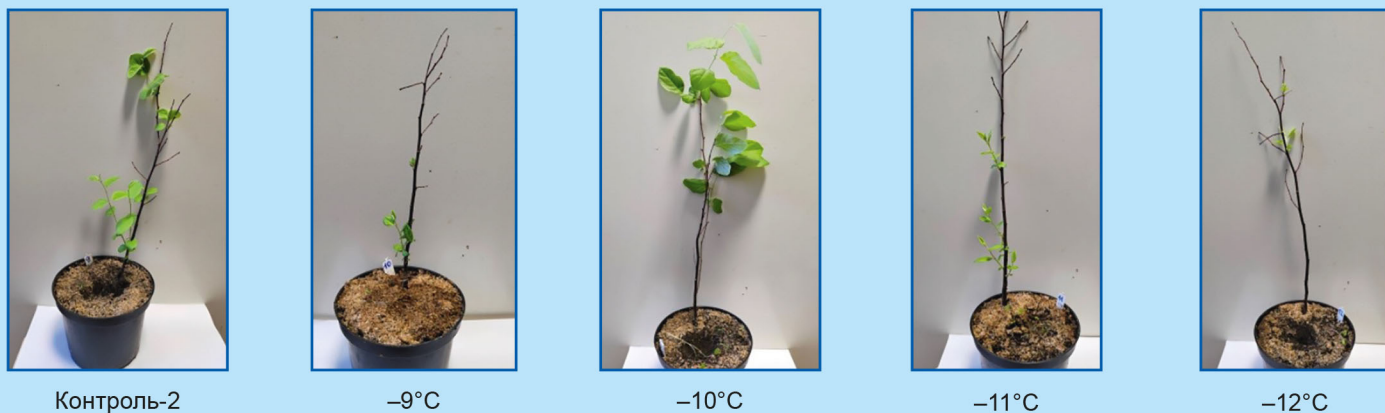


Рис. 2. Отрастание сеянцев айвы обыкновенной после искусственного промораживания корней.

Рисунок к статье Карелиной Т.К. и др. «Рациональное использование генетического потенциала кроликов породы *белый великан* отечественной селекции» (стр. 96)



Новая порода кроликов *Великородская белая*.

Рисунки к статье Фёдоровой О.А. «Мошки (*Diptera, Simuliidae*) как биоиндикаторы водоемов» (стр. 102)



Места выплода кровососущих мошек на р. Цинга:
а – 2008 год, б – 2023.



Рис. 1. Ветеран.



Рис. 2. Орлик.



Рис. 3. Веняминовское.



Рис. 5. Рождественское.



Рис. 4. Синап орловский.