

ISSN 2500-2082

Номер 3

Май–Июнь 2024

Научно-теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



НАУКА
— 1727 —

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

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

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

Рисунки к статье Зубковой М.И.
«Итоги изучения новых сортов земляники садовой
в Центрально-Черноземном регионе» (стр. 38)



Рис. 1. Повреждение цветков и бутонов
после заморозков.

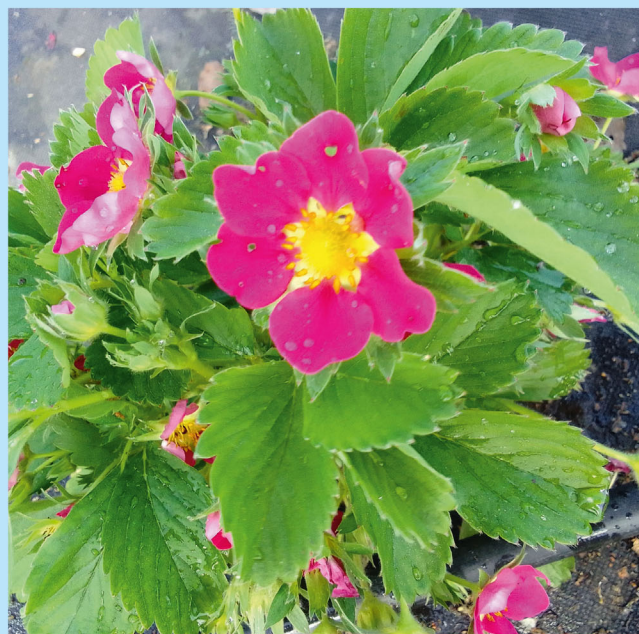


Рис. 2. Цветение сорта *Романтика*.



а



б

Рис. 3. Сорт земляники: а – *Sonsation*, б – *Malling centenary*.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 3 ————— Май-Июнь ————— 2024
May-June

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик РАН Н.К. Долгушкин

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академики РАН

Авидзба А.М. (Национальный НИИ винограда и вина «Магарач»), **Горлов И.Ф.** (Поволжский НИИ производства и переработки 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), **Ван Мансвелт Ян** (Нидерланды), **Петров А.Н.** (Всероссийский НИИ технологий консервирования), **Попов В.Д.** (Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства), **Савченко И.В.** (Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений), **Синеговская В.Т.** (Всероссийский НИИ сои), **Фисинин В.И.** (Федеральный научный центр «ВНИТИП» РАН), **Якушев В.П.** (Агрофизический НИИ)

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”), **Gorlov I.F.** (Povolzhskiy (Volga) Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products), **Ivanov A.L.** (Soil Institute named after V. V. Dokuchayev), **Izmajlov A.Ju.** (Federal Scientific Agroengineering center RAS), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), **Kashevarov N.I.** (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnology of RAS), **Kulik K.N.** (Federal Scientific center of Agroecology RAS), **J.D. van Mansvelt** (Netherlands), **Petrov A.N.** (All-Russian Research Institute of Canning Technology), **Popov V.D.** (Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production), **Savchenko I.V.** (All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants), **Sinegovskaya V.T.** (All-Russian Research Institute of Soy), **Fisinin V.I.** (Federal Scientific Center “VNITIP” RAS), **Yakushev V.P.** (Agrophysical Research Institute)

Corresponding member of the RAS

Aseeva T.A. (Khabarovsk FRC FEB RAS Far Eastern Agricultural Institute), **Bagirov V.A.** (Department of coordination of organizations in the field of agricultural Sciences of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation)

EXECUTIVE EDITOR – S.L. Senina

The journal to a separate database of RSCI posted on the Web of Science platform. Registered in the Russian science citation index (RSCI) and the International information system AgriS.

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

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

Содержание / Contents

● РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 4** **Фоменко М.А., Олейникова Т.А., Бабровская Е.А., Бирюкова О.В. / Fomenko M.A., Oleynikova T.A., Babrovskaya E.A., Biryukova O.V.**
Варьирование признаков качества зерна озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области / Variation of winter wheat grain quality traits in the steppe zone of the Rostov region
- 11** **Магомедова Д.С., Курбанов С.А. / Magomedova D.S., Kurbanov S.A.**
Эффективность применения препарата Биостим зерновой в технологии возделывания озимой мягкой пшеницы / Efficiency of the Biostim grain drug usage in the cultivating winter soft wheat technology
- 16** **Шпанев А.М. / Shpanev A.M.**
Вредность сорных растений в агроценозе овса с подсевом многолетних трав на Северо-Западе РФ / The harmfulness of weeds in oat agrocenosis with underseeding of perennial grasses in the North-West of the Russian Federation
- 21** **Свирина В.А., Черногаев В.Г. / Svirina V.A., Chernogaev V.G.**
Урожайность и качественные показатели ячменя сорта *Знатный* при применении минеральных удобрений и биопрепаратов / Productivity and quality indicators of *Znatny* barley when using mineral fertilizers and biological products
- 26** **Кишев А.Ю., Битов Х.А., Бжеумыхов В.С. / Kishev A.Yu., Bitov Kh.A., Bzheumykhov V.S.**
Действие сидератов на агрохимические свойства почвы в посевах озимой пшеницы, урожайность и качество зерна / The effect of green manure on the agrochemical properties of soil in winter wheat crops, yield and grain quality
- 30** **Захарова М.Н., Рожкова Л.В. / Zakharova M.N., Rozhkova L.V.**
Продуктивность сои сорта *Геоorgia* с применением Нитрагина КМ, СП и Органита N, Ж / Productivity of soybean variety *Georgia* using Nitragin KM, SP and Organita N, Zh
- 34** **Лёвина А.Н. / Levina A.N.**
Продуктивность растений сои сорта *Китросса* в зависимости от формирования репродуктивных органов / Productivity of the *Kitrossa* soybean variety depends on reproductive organs formation
- 38** **Зубкова М.И. / Zubkova M.I.**
Итоги изучения новых сортов земляники садовой в Центрально-Черноземном регионе / Results of the study of new strawberries varieties in the Central Black Earth region
- 43** **Невострюева Е.Ю. / Nevostrueva E.Yu.**
Влияние гидротермических условий на закладку цветковых почек земляники на Среднем Урале / The influence of hydrothermal conditions on the strawberries flower buds formation in the Middle Urals
- 47** **Евдокименко С.Н., Подгаецкий М.А. / Evdokimenko S.N., Podgaetsky M.A.**
Хозяйственно-биологическая оценка новых ремонтантных сортов малины / Economic and biological assessment of new everbearing raspberry varieties
- 51** **Даудов И.Л., Джабраилов Ю.М., Арсанов М.М. / Daudov I.L., Dzhabrailov Yu.M., Arsanov M.M.**
Инновации в мире удобрений: новые горизонты для сельского хозяйства / Innovations in the fertilizers world: new horizons for agriculture
- 55** **Егоров Е.А., Подгорная М.Е., Прах С.В., Кiek А.И. / Egorov E.A., Podgornaya M.E., Prah S.V., Kiek A.I.**
Технологические приемы защиты яблони от доминирующих чешуекрылых вредителей / Technological methods for protecting apple trees from dominant lepidopteran pests
- 60** **Захаров В.Л., Шубкин С.Ю., Дубровина О.А., Гулидова В.А. / Zakharov V.L., Shubkin S.Yu., Dubrovina O.A., Gulidova V.A.**
Сравнительный биохимический состав древесины малосмолистых лесных пород Липецкой области / Comparative biochemical composition of wood from low-resin forest species in the Lipetsk region
- 64** **Темирбекова С.К. / Temirbekova S.K.**
О монографии «Эниология, экология и сорт» / About the monograph "Eniology, ecology and variety"

● НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES

- 69** Зеников В.И. / Zenikov V.I.
Перспективная технология аэробной ферментации побочных продуктов сельского хозяйства и других отраслей / Promising technology for aerobic fermentation of by-products from agriculture and other industries

● ВЕТЕРИНАРИЯ / VETERINARY SCIENCE

- 73** Евглевский А.А. / Evglevskiy A.A.
Анемический синдром: состояние, проблемы и возможные подходы к повышению эффективности противоанемической терапии / Anemic syndrome: condition, problems and possible approaches to increasing the effectiveness of anti-anemic therapy

● ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

- 77** Мосолова Н.И., Сложенкина М.И., Горлов И.Ф. и др. / Mosolova N.I., Slozhenkina M.I., Gorlov I.F. et al.
Показатели молока коров при стойловой и пастбищной системах содержания / Indicators of cow's milk in the housing and grazing keeping systems
- 81** Ивашенко М.Н., Дерюгина А.В., Латушко М.И. и др. / Ivashchenko M.N., Deryugina A.V., Latushko M.I. et al.
Влияние криоконсервации и молекулярного водорода на ультраструктуру сперматозоидов быков / The effects of cryopreservation and molecular hydrogen on the ultrastructure of bull spermatozoa
- 85** Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н. / Gontov M.E., Koltsov D.N..
Молочная продуктивность коров *бурой швицкой* породы разных генотипов / Milk productivity of *Brown Swiss* cows of different genotypes
- 92** Лебедев С.В., Казакова Т.В., Маршинская О.В. / Lebedev S.V., Kazakova T.V., Marshinskaya O.V.
Иммунный статус цыплят-бройлеров в различные физиологические периоды развития / Immune status of broiler chickens during different times of physiological development

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

Подписано к печати 17.06.2024. Дата выхода в свет 30.06.2024. Формат 60×88 1/8.
Усл. печ. л. 11,73. Уч.-изд. л. 12,00. Заказ № 25. Тираж 200 экз.

16+

Учредитель: Российская академия наук

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

Отпечатано с готового макета ИП Ерховой И.М.
ОГРНИП 319774600080241. Тел. 8 495 799-48-85.

ВАРЬИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Марина Анатольевна Фоменко, доктор сельскохозяйственных наук

Татьяна Александровна Олейникова, старший научный сотрудник

Елена Анатольевна Бабровская, научный сотрудник

Ольга Викторовна Бирюкова, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская обл., Россия

E-mail: fomenko.marina.1602@mail.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2016–2023 годах в степной зоне Ростовской области. Проанализированы данные по изменчивости показателей качества зерна в различных условиях среды у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»: Донская Т 20, Богема, Пафос, Донмира, Пальмира 18, Дonya и Константа 22. Почва опытного участка — чернозем южный среднесиловой карбонатный. Предшественник — черный пар. При недостаточном и непостоянном увлажнении почвы в течение вегетации озимой пшеницы выявили сильную вариабельность взаимосвязей между урожайностью и содержанием белка в зерне ($r = -0,74-0,26$). Аналогичные результаты получены по клейковине, что свидетельствует о зависимости генотипов от условий формирования качества зерна. Соотношение между количеством клейковины и белка озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области составляет 1,3–2,3. Отмечена высокая стабильность по урожаю зерна, содержанию белка, клейковины, показателям объемного выхода хлеба и стекловидности зерен. Наибольшая изменчивость была выявлена по признаку «число падения», определяющему активность α -амилазы. Установлено влияние протеолитических ферментов клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps*) на технологические и хлебопекарные свойства сортов.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, коэффициент вариации, изменчивость признака, сорт, качество

VARIATION OF WINTER WHEAT GRAIN QUALITY TRAITS IN THE STEPPE ZONE OF THE ROSTOV REGION

M.A. Fomenko, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

T.A. Oleynikova, *Senior Researcher*

E.A. Babrovskaya, *Researcher*

O.V. Biryukova, *Senior Researcher*

Federal Rostov Agricultural Research Centre», Rostov region, Russia

E-mail: fomenko.marina.1602@mail.ru

Abstract. The research was carried out in 2016–2023 in the steppe zone of the Rostov region. The article presents data on the variability of grain quality indicators in various environmental conditions in varieties of winter soft wheat of the selection Federal Rostov Agricultural Research Centre: Donskaya T 20, Bogema, Pafos, Palmira 18, Donya, Konstanta 22. The soil of the experimental site is southern medium-sized carbonate chernozem. The predecessor in the experiment is black steam. Various correlations from $r = -0,74-0,26$ between yield and protein content in grain were revealed. The ratio of the gluten and protein content of winter wheat in the steppe zone of the Rostov region is 1,3–2,3. In the conditions of the steppe of the Rostov region, the high stability of the varieties of winter wheat of the French selection was noted in terms of protein content, gluten, volume yield of bread and grain vitreousness. The greatest variability was revealed on the basis of the number of drops that determines the activity of α -amylase, which indicates the dependence of the genotype on the conditions for the formation of grain quality. The influence of proteolytic enzymes of the bug harmful turtle (*Eurygaster integriceps*) on the technological and baking properties of varieties was revealed.

Keywords: winter soft wheat, coefficient of variation, variability of the trait, variety, quality

Озимая мягкая пшеница — востребованная злаковая культура. В Российской Федерации площади под ней составляют 14,1 млн га. В Ростовской области в 2023 году собрали рекордные 15,1 млн т. Проблема в области производства зерна — улучшение и стабилизация его качества. [7] Под влиянием климатических условий меняется не только урожайность озимой пшеницы, но и показатели качества зерна: крупность, стекловидность, накопление белка и клейковины, объем хлеба и его общая оценка. [6, 7, 9, 17] Эти параметры подвержены большой вариабельности как под влиянием условий среды, так и в зависимости от генотипа сортов. [9]

В последние два десятилетия наметился тренд на снижение качества зерна пшеницы, уменьшение доли продовольственного зерна в общем урожае. В современных условиях взаимодействие генотипа со средой выражается в снижении качества клейковины при тепловых стрессах. [16]

Необходимы эффективные технологии получения экологически безопасного высокобелкового зерна и выявление доноров, в том числе для транслокаций от других видов злаков в пшеницу для повышения потенциала качества и адаптивности. [4, 6, 8, 11, 14, 15]

Усилия селекционеров направлены на улучшение выносливости сортов к меняющимся условиям среды,

получение стабильных урожаев высокого качества продукции по годам, сочетание в одном сорте устойчивости к стресс-факторам различного происхождения. Основа стабильности урожая зерна в растениеводстве — адаптивный пластичный сорт, формирующий в различных условиях высокие продуктивность и качество продукции. [12]

Цель работы — презентация итогов исследований по изучению особенностей и стабильности формирования показателей качества зерна сортов озимой пшеницы селекции ФРАНЦ в лимитированных условиях вегетации степной зоны Ростовской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2016–2023 годах в ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (ФРАНЦ). Объект изучения — сорта озимой пшеницы селекции ФРАНЦ: *Донская Т 20, Богема, Пафос, Донмира, Пальмира 18, Донья и Константа 22*. Из-за почвенной и воздушной засухи при посеве в северо-западной зоне Ростовской области полевые опыты закладывали в селекционном севообороте по предшественнику черный пар. Агротехника общепринятая для озимых культур.

Почва — чернозем южный среднемошный карбонатный, мощность гумусового горизонта — 30...40 см. Количество гумуса в пахотном слое — 3,6% (ГОСТ 26213-91). Содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) — 19 и 320 мг/кг (по Кирсанову, ГОСТ 26204-91), общего азота (ГОСТ Р 58596-2019) — 44 мг/кг.

Изучали технологические показатели качества зерна: натуру (ГОСТ 10840-64), массу 1000 зерен (ГОСТ 12042-80), стекловидность (ГОСТ 10987-76), количество и качество клейковины (ГОСТ 13586.1-68), количество зерен поврежденных клопом-черепашкой (ГОСТ 33538-2015), физические свойства теста и объемный выход хлеба. [10] Определяли число падения на приборе Falling Number (Методика Пертена, 1992, метод ICC стандарт № 107/1, 1995; ААСС метод 56-81 В). Оценили качество зерна пшеницы по классам (ГОСТ 9353-2016).

Провели расчет генотипических, экологических коэффициентов корреляции признаков качества зерна со степенью повреждения клопом вредная черепашка. Экспериментальные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа с помощью компьютерной программы «Microsoft Office Excel».

Климат Ростовской области умеренно-континентальный с частыми сменами различных атмосферных циклонов, которые формируют неустойчивость погодных явлений. Среднесуточная температура воздуха за годы исследования — 10,79°C, что выше среднепогодной нормы на 3,83°C. Абсолютный максимум температур доходил до 37,5°C. Количество осадков варьировало от 388,8 до 687,8 мм (норма — 451 мм).

За период наблюдений благоприятными по обеспечению влагой были 2016–2018, 2022, 2023 годы. Особенность вегетации 2018 года — аномальное выпадение осадков в июне при полной спелости зерна (180 мм при норме 59 мм), что вызвало усиление активности α -амилазы. 2020 год был наиболее засушливым (388,8 мм). В фазе формирования репродуктивных органов засуха сократила фазу налива и созревания зерновки на 10...14 дн. Годовое количество осадков в 2021 году составило 523 мм (115% к норме), однако

при посеве и наливе зерна в июне—июле наблюдали острую засуху. В 2022 и 2023 годах количество осадков — 576...654 мм, но их распределение было неравномерным, при недостатке в наиболее важные фазы развития растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В почвенно-климатических условиях степной зоны Ростовской области между урожайностью и содержанием белка, одним из наиболее информативных признаков качества зерна, выявили взаимосвязи от слабоположительных ($r = 0,26$) до значимых отрицательных ($r = -0,74$, достоверно при 5%-ом уровне значимости). При недостаточном водообеспечении погодноклиматические условия, необходимые для формирования высокой продуктивности (оптимальный режим) и максимума накопления белка (повышенные температуры), не совпадают. Это объясняет отсутствие четко выраженных взаимосвязей между урожайностью и накоплением белка, обуславливает трудность сочетания этих показателей в создаваемых генотипах.

Мы разработали маркерные признаки отбора высокоурожайных засухоустойчивых форм пшеницы: масса зерна с растения и колоса, индекс урожая и емкость ценоза. [13] В 2016–2023 годах в конкурсных сортоиспытаниях выявлены взаимосвязи между накоплением белка с данными маркерными признаками, слагающими продуктивность: с массой зерна с колоса ($r = -0,45...0,39$) и растения ($-0,35...0,49$), индексом урожая ($-0,62...0,25$), емкостью ценоза ($-0,3...0,3$).

Направленность современных исследований — повышение продуктивности параллельно снижению высоты соломины растений, создание интенсивных полукарликовых генотипов. Сопряженности между содержанием белка и высотой в большинстве случаев были положительные ($r = -0,32...0,63$), с надземной биомассой — незначительные ($-0,19...0,27$).

Содержание белка тесно коррелировало с количеством клейковины ($r = 0,39...0,95$). Взаимосвязь между количеством белка и объемом деформации теста («сила» муки) в зависимости от генотипа варьировала от слабоотрицательной до среднеположительной ($r = -0,17...0,37$), с объемом хлеба была незначительная ($r = -0,51...0,14$), по натуре зерна от слабоотрицательной до среднеположительной ($-0,28...0,41$). Количество клейковины положительно коррелировало с показателем седиментации ($r = 0,32...0,68$) и объемом хлеба ($0,15...0,46$). Наиболее тесно связана стекловидность зерна ($r \geq 0,7$) с содержанием в нем белка, натурным весом и числом падения. В условиях засушливой среды степной зоны Ростовской области соотношение содержания клейковины к белку в зерне пшеницы — 1,3...2,3.

Выявленный спектр варьирования взаимосвязи между накоплением белка и элементами, формирующими продуктивность, свидетельствует о возможности селекционного улучшения морфобиотипов озимой пшеницы с высоким потенциалом накопления белка. Установленные отрицательные сопряженности между урожайностью и признаками качества зерна сочетаются с дефицитом поглощенных углеводов, особенностями фотосинтеза сортов, которые расходуются на урожай и его качество.

Из представленных генотипов сорт *Пальмира 18* характеризуется наиболее стабильным проявлением

Таблица 1.

Урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы, среднее за 2016–2023 годы

Сорт	Урожайность, т/га	Белок, %	Клейковина, %	Натурный вес, г/л	Стекловидность, %	Объем хлеба, см ³	Число падения, сек.
Донская Т 20®	7,4	14,1	28,03	785	80,3	786	468
Богема®	7,51	13,7	26,71	784	78	778	464
Пафос®	7,44	13,9	26,66	752	75	830	446
Донмира®	7,1	14,0	26,73	764	77,5	832	407
Пальмира 18®	7	14,0	26,37	781	80,4	811	459
Донья*	7,8	13,7	25,01	760	70	770	403
Константа 22*	7,6	14,0	22,09	766	76,8	780	442
НСР _{0,5}	0,44	0,70	1,5	15,2	80,3	90,3	81,3

Примечание. ® – сорт защищен патентом, * – изучают в Госсортокмиссии.

высокого накопления белка в различные годы исследований, который тесно сопряжен с накоплением клейковины ($r = 0,76$), натурным весом зерна ($r = 0,46$), седиментацией ($r = 0,68$), объемом деформации теста ($r = 0,45$), упругостью и растяжимостью теста ($r = 0,35$ и $0,46$ соответственно), объемом хлеба ($r = 0,56$).

Сорта озимой пшеницы значительно различались по урожайности и отдельным показателям качества зерна (табл. 1).

Варьирование количества белка в зерне озимой пшеницы в годы исследований зависело от генотипа сорта – 13,7...14,1% (табл. 1). Наиболее высокие показатели по содержанию белка были выявлены у сортов *Донская Т 20* (14,1%), *Пальмира 18* (14,0%), *Донмира* (14,0%, табл. 1).

Сорта *Донская Т 20*, *Богема*, *Донмира* характеризовались наибольшим количеством клейковины в зерне – 28,03, 26,71, 26,73% соответственно.

Один из критериев качества зерна пшеницы – его натурная масса, которая зависит от крупности, налива, считается косвенным признаком степени жаростойкости и засухоустойчивости генотипа. В наших исследованиях натура зерна была достаточно высокая, базовая норма – 750 г/л (табл. 1). Лидеры среди перечисленных сортов – *Донская Т 20* (785 г/л), *Пальмира 18* (781 г/л) и *Богема* (784 г/л). У остальных показатель варьировал от 752 до 766 г/л, что было достаточным для выраженности данного признака.

Стекловидность пшеницы – признак твердозерности зерна, в среднем у сортов он составлял 70,0...80,3%, максимальный – у *Донской Т 20* (81,6%), *Богемы* (79,1%) и *Пальмиры 18* (81,9%).

Прямой показатель хлебопекарного качества муки сорта – объемный выход хлеба со 100 г муки. Он варь-

ровал от 770 (*Донья*) до 832 см³ (*Донмира*). Значение показателя выше уровня 800 см³ у *Пафоса* и *Пальмиры 18* (табл. 1).

При влажной погоде, особенно при перестое колоса на корню, важно узнать число падения. Оно характеризует активность фермента α -амилазы в зерне пшеницы. Для хлебопечения нормой для муки высших сортов число падения должно быть выше 185 сек., среднее за годы исследований варьировало от 403 до 468 сек., максимальное – у *Богемы* (464 сек.), *Донской Т 20* (468 сек.), *Пальмиры 18* (459 сек.), минимальное – у *Доньи* (407 сек.).

Была выявлена изменчивость показателей качества зерна в зависимости от условий вегетации и особенностей генотипов (табл. 2). Установлено, что один из наиболее стабильных показателей качества зерна – накопление белка. Коэффициент вариации данного признака – 4,8...8,9%. Для сорта *Пафос* коэффициент изменчивости (C_v) составил 4,8%, для него характерна минимальная вариабельность по данному признаку при среднем содержании белка 13,9%.

Сорта *Донмира*, *Пальмира 18* и *Константа 22* характеризуются содержанием белка в зерне 14,0%. Коэффициент вариации проявления признака – 5,7, 6,8 и 7,3% соответственно (табл. 2).

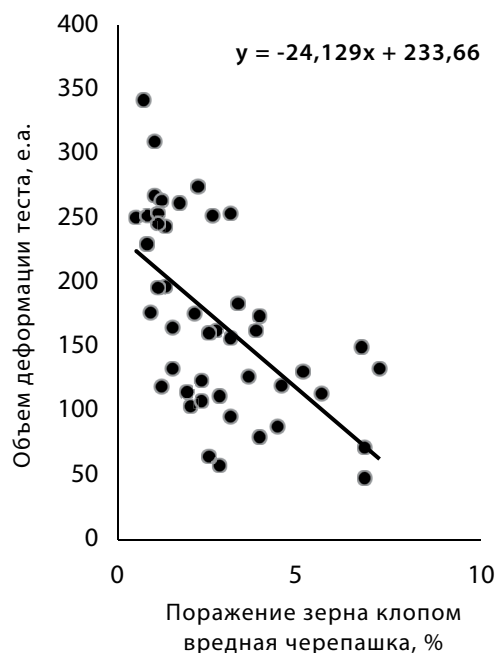
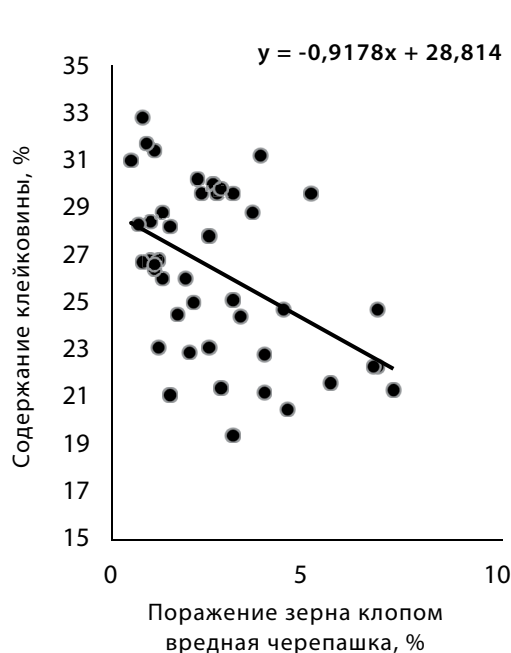
Относительно стабильным по накоплению белка в зерне был сорт *Донская Т 20*, у которого коэффициент вариации признака – 8,9%, содержание белка менялось по годам от 13,0 до 16,2% (среднее – 14,1%).

Коэффициенты изменчивости (C_v) количества клейковины в зерне были также незначительными (обуславливается количеством белка): от 11,2 (*Пальмира 18*) до 16,4% (*Богема*). Стабильность признака выявлена у сортов *Вольная заря*, *Пальмира 18*, *Пафос*. За исследуемые годы наиболее высокий показатель

Таблица 2.

Изменчивость урожайности и показателей качества зерна (C_v^* , %) сортов озимой пшеницы, 2016–2023 годы

Сорт	Коэффициент вариации (C_v) признаков						
	урожайность	белок	клейковина	натурный вес	стекловидность	объем хлеба	число падения
Донская Т 20®	14,02	8,9	16,9	2,8	12,3	8,7	3,9
Богема®	20,7	6,1	16,4	3,6	9,5	7	5,5
Пафос®	15,9	4,8	12,5	4,8	7,3	4,8	15,2
Донмира®	19	5,7	14,9	1,7	7,9	3,8	26,8
Пальмира 18®	23,8	6,8	11,2	3,8	8,8	5,4	13,5
Донья	17,9	7,6	12,4	2,7	18,1	4,2	16,4
Константа 22	18,3	7,3	14,6	2,04	9,2	5,7	19,3



Распределение сортов озимой пшеницы по содержанию клейковины в зерне и объему деформации теста при повреждении зерна вредителем.

клейковины у *Донской Т 20* (28,03%) с варьированием признака ($C_v = 16,9\%$).

Пределы изменчивости натурального веса зерна были одними из наименьших, что подтверждает низкий коэффициент вариации (1,7...4,8%). Это свидетельствует о повышенной жаростойкости и засухоустойчивости сортов пшеницы селекции ФРАНЦ. Признак выполненности зерна в большей степени детерминирован генотипом сорта, и в незначительной — условиями среды. Наибольшая величина натурности зерна выявлена у сортов *Пальмира 18*, *Донская Т 20*, *Богема* — 781...785 г/л, коэффициент вариации — 2,8...3,8% соответственно.

Установлена существенная вариабельность признака стекловидности в различных условиях вегетации. Наиболее стабилен показатель у сорта *Пафос* (7,3%). Формирование стекловидности зерна *Донья* со значительной изменчивостью признака ($C_v = 18,1\%$) сильно зависит от условий среды, хотя проявление стекловидности (70%) достаточно для формирования хорошего качества зерна. По остальным сортам коэффициент варьировал в средней степени (7,9...12,3%).

Коэффициент вариации признака «объем хлеба» у сортов пшеницы — 4,2...8,7%, то есть его изменчивость была незначительная. Максимальное проявление объемного выхода хлеба со 100 г муки выявлено у сортов *Пафос* (830 см³) и *Донмира* (832 см³) с небольшой степенью изменчивости в пределах 7,3 и 7,9%, что служит подтверждением генетической детерминации у данных сортов.

Максимальная вариабельность установлена по числу падения, которое используют для определения активности α -амилазы (степень разжижения клейстеризованной водно-мучной суспензии в кипящей водяной бане) и будущего качества муки. Метод определяет хлебопекарные свойства муки, свидетельствует о количестве крахмала и активности ферментов муки, позволяет выделять генотипы, устойчивые к предуборочному прорастанию зерна.

Коэффициент изменчивости по признаку число падения менялся от 3,9% у сорта *Донская Т 20* до 26,8% у *Донмиры*. У *Донской Т 20*, *Богемы*, *Вольной Зари* признак варьировал несущественно ($C_v = 3,9...5,5$), активность α -амилазы низкая, стабильно высокая

Таблица 3.

Фенотипические (rph), генотипические (rg) и экологические (re) коэффициенты корреляции между поражением зерна клопом вредная черепашка и показателями качества зерна, данные конкурсных испытаний

Признак	rph								rg	re
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Средний % поражения зерна вредителем	3,6	1,3	3,2	3,0	1,3	1,7	6,3	4,0		
Масса 1000 зерен, г	−0,11	−0,58	0,47	0,07	0,25	−0,02	−0,06	0,08	0,02	0,48
Натурный вес, г/л	−0,5	0,79	−0,10	0,76	0,11	0,34	0,52	−0,16	0,22	0,67
Стекловидность, %	−0,53	0,48	−0,44	0,55	0,56	0,39	0,83	0,10	0,24	0,79
Число падения, сек.	0,73	0,16	−0,56	−0,15	−0,05	0,28	0,61	0,37	0,17	0,46
Белок, %	0,85	0,41	0,11	−0,67	−0,37	−0,34	0,52	0,29	0,1	0,37
Клейковина, %	0,7	0,72	0,12	−0,67	−0,21	−0,32	0,73	0,23	0,16	−0,78
ИДК	−0,62	0,09	−0,15	0,72	0,27	−0,63	−0,65	−0,12	−0,14	−0,39
Объем деформации теста, е.а	−0,88	0,52	−0,22	−0,07	−0,23	−0,74	−0,02	−0,27	−0,24	−0,85
Объем хлеба со 100 г муки, см³	0,1	−0,52	0,45	0,1	0,41	0,18	0,37	0,27	0,17	−0,41

устойчивость к предуборочному прорастанию зерна в колосе. Эти сорта могут быть использованы как доноры в селекционных программах. У остальных образцов коэффициент вариации средний, что свидетельствует о зависимости показателя числа падения у генотипов от условий формирования качества зерна. Однако среднее значение проявления признака достаточно высокое — 403...468 сек.

При глобальном потеплении климата отмечено расширение ареала и численности вредителей, в частности клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps*).

Повреждения зерна, вызванные действием экзогенных ферментов вредителя, снижает выраженность генетически детерминированных признаков качества генотипа, затрудняет отбор высококачественных форм в селекционном процессе. В среднем по годам такое повреждение составило от 1,3 (2017 год) до 6,3% (2022), по сортам — от 1,7 (*Пафос*, *Донмира*) до 3,9% (*Донская Т 20*). Снижение показателей качества зерна (содержание клейковины, объем деформации теста), отмечали при повреждении свыше 2% (см. рисунок).

Расчет коэффициентов корреляции показал различное влияние степени повреждения зерна вредителем на качество зерна (табл. 3).

За годы наблюдений экзогенные протеолитические ферменты вредителей значительного негативного действия на крупность зерновки не оказали. Исключение составил 2017 год, когда при среднем поражении зерна вредителем (1,7%) масса 1000 зерен при достоверно отрицательной сопряженности данных признаков ($r = -0,58$).

Снижение натурального веса и стекловидности наблюдали в 2016 и 2018 годах при отрицательных взаимосвязях признаков со степенью повреждения зерна.

Число падения в меньшей степени зависимо от дефектов зерна, что проявилось от незначительно отрицательных до достоверных положительных взаимосвязей ($-0,15...0,73$). Исключение — 2018 год, когда затяжные дожди вызывали снижение среднесуточной

температуры. Температурный шок повлиял на активность α -амилазы и соответственно снизил число падения, что обусловило отрицательную взаимосвязь с повреждениями, вызванными вредителем.

Степень повреждения клопом на содержание белка и клейковины оказывала неоднозначное влияние: от проявления отрицательных ($r = -0,67$) до значительных положительных ($r = 0,85$). Повреждения клопом не снижает количество клейковины, а изменяет ее качество (ИДК) и удельную работу деформации теста (сила муки).

Расчет генотипических и экологических коэффициентов корреляции показал, что признаки (масса 1000 зерен, стекловидность, натура и число падения зерна) не сильно зависят от поражения вредителем. Тогда как на накопление белка и клейковины, ее качество (ИДК) и технолого-хлебопекарные свойства (удельная работа деформации теста, объем хлеба) ферменты клопа вредная черепашка оказывают более негативное действие.

Выявлена различная выносливость сортов к повреждению зерна (табл. 4). У сортов, содержащих в пробе 3,1...5,9% зерен, испорченных вредителем, масса 1000 зерен была меньше на 2,1...6,9 г. При повреждении зерна клопом свыше 3% (*Константа 22* и *Пальмира 18*) отмечено снижение массы 1000 зерен на 13,3...17,9%. Сорт *Донская Т 20* более вынослив, в пробе до 5,6% поражения, отмечено уменьшение крупности зерна на 4 г (9,8%).

Аналогично в пробах с повреждением зерна 3,1...5,6% натуральный вес снижался на 40...60 г/л, стекловидность — 5...16%.

В зерне сортов *Пальмира 18* и *Богема* в пробах при повреждении в пределах 2,3...2,5% незначительно уменьшалась доля белка (0,2...0,5%), клейковины — 3,2...3,4%. Эти параметры соответствуют требованиям сильных и ценных пшениц. Повышение процента дефектного зерна до 4,0% вызвало потерю белка на 1,7...2,1%, клейковины — 5,6...11%, но и эти пробы допустимы для продовольственных партий пшеницы.

Таблица 4.

Параметры качества зерна пшеницы в зависимости от повреждения вредителем, 2022 год

Сорт	Степень повреждения, %	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %	Натурная масса, г/л	Стекловидность, %	Объем деформации теста, е.а.	Объем хлеба, см ³	Число падения, сек.
<i>Пальмира 18</i>	1,1	38,4	15,3	31,4	805	84	248	850	504
	2,5	37,3	15,1	28,0	785	76	258	800	486
	4,0	31,5	13,2	25,8	745	73	177	730	455
Среднее	2,5	35,7	14,5	28,3	778	78	228	793	481
	0,8	33,1	14,5	32,8	815	87	249	820	459
<i>Богема</i>	2,3	32,5	14,0	29,6	790	86	205	765	470
	4,0	31,0	13,3	21,2	775	74	171	670	451
Среднее	2,4	32,2	14,0	27,9	793	82,3	175	751	460
	0,9	40,6	16,2	31,7	800	90	274	880	446
<i>Донская Т 20</i>	2,2	39,2	13,9	30,2	775	90	248	850	454
	5,6	36,6	13,0	26,6	745	85	126	860	460
Среднее	2,9	38,8	14,4	29,5	773	88	216	793	481
	0,7	36,7	15,3	28,3	790	85	339	800	459
<i>Константа 22</i>	1,1	33,1	14,3	27,6	750	77	251	790	467
	3,1	31,8	13,5	27,8	740	69	243	770	458
Среднее	1,6	33,9	14,4	26,9	760	77	278	787	394

Сорт *Константа 22* при повреждении зерна 3,1% соответствовал требованиям ценных пшениц: доля белка и клейковины — 13,5 и 27,8%, стекловидность — 69%, натура — 750 г/л. Проба зерна сорта *Донская Т 20* с дефектным зерном 5,6% содержит белка и клейковины соответственно 13,0 и 26,6%, это параметры для продовольственной пшеницы. Генотипы *Пальмира 18*, *Донская Т 20*, *Константа 22*, *Богема* характеризуются способностью сохранять достаточно высокие параметры качества зерна, определяющие технолого-хлебопекарные свойства при повреждении зерна клопом вредная черепашка.

Таким образом, в лимитированных условиях внешней среды степной зоны Ростовской области отмечена высокая стабильность сортов озимой пшеницы селекции *ФРАНЦ* по содержанию белка, клейковины, объемного выхода хлеба и стекловидности зерна. Наибольшая изменчивость выявлена по числу падения, определяющему активность α -амилазы, что свидетельствует о зависимости генотипа от условий формирования качества зерна. Установлено действие протеолитических ферментов клопа вредная черепашка на технологические и хлебопекарные свойства сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Стабильность урожая в широком диапазоне сред — основной параметр при селекции озимой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262720050014.
2. 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. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
3. Кравченко Н.С., Ионова Е.В., Газе В.Л. Влияние условий выращивания на урожайность и качество образцов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35.
4. Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 3. С. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus.
5. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 2. С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.
6. Новиков Н.Н. Новый метод диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна озимой пшеницы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 5. С. 29–40. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-5-29-40.
7. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалева М.С., Бугрова В.В. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне России: история, методы и результаты // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o.
8. Соколенко Н.И., Комаров Н.М., Галушко Н.А., Дубинина В.В. Источники высокого качества зерна в селекции мягкой озимой пшеницы и тритикале // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11108.
9. Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А., Бугакова Н.Э. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по качеству зерна в среднем Поволжье // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6 (78). С. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-62-66.
10. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / под общ. ред. М.А. Федина. М.: Б. и., 1988. 121 с.
11. Фадеева И.Д., Игнатъева И.Ю., Хакимова А.Г., Митрофанова О.П. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна в условиях севера Среднего Поволжья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 1. С. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
12. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А., Железняк Е.А. Особенности селекционного улучшения озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 18–22. DOI: 10.30850/vrsn/2020/5/18-22.
13. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А., Железняк Е.А. Особенности трансгрессивной селекции озимой пшеницы в условиях засух // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 5. С. 28–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10504.
14. Хакимова А.Г., Губарев Н.К., Кошкин В.А., Митрофанова О.П. Генетическое разнообразие и селекционная ценность синтетический гексаплоидной пшеницы, привлеченной в коллекцию ВИР // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 108–115. DOI: 10.18699/VJ19.548.
15. Cher P. Estimation of winter wheat grain protein content based on multisource data assimilation // Remote sensing. 2020. N. 12. P. 1–20. DOI: 10.3390/rs12193201.
16. Luo Y., Wang W., Fan Y.Z. Exogenously-Supplied trehalose provides better protection for D1 protein in winter wheat under heat stress // Russian Journal of Plant Physiology. 2018. Т. 65. № 1. P. 115–122. DOI: 10.1134/S1021443718010168.
17. Ray D.K., Gerber J.S., MacDonald G.K., West P. Climate variation explains a third of global crop yield variability // Nature Communications. 2015. № 6. P. 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989.

REFERENCES

1. Grabovec A.I., Fomenko M.A. Stabil'nost' urozhayev v shirokom diapazone sred — osnovnoy parametr pri selektsii ozimoy pshenicy // Rossiyskaya sel'skhozaystvennaya nauka. 2020. № 5. S. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262720050014.
2. Kincharov A.I., Dyomina E.A., Kincharova M.N. i dr. Metodika ocenki agroekologicheskoy adaptirovannosti genotipov v usloviyah global'nogo potepleniya klimata // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. 2022. T. 183. № 4. S. 39–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
3. Kravchenko N.S., Ionova E.V., Gaze V.L. Vliyanie usloviy vyrashchivaniya na urozhajnost' i kachestvo obrazcov ozimoy myagkoj pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 4 (64). S. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35.
4. Krupin P.Yu., Divashuk M.G., Karlov G.I. Ispol'zovanie geneticheskogo potentsiala mnogoletnih dikorastushchih zlakov v selektsionnom uluchshenii pshenicy // Sel'skhozaystvennaya biologiya. 2019. T. 54. № 3. S. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus.
5. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M. Ekologicheskaya plastichnost' sortov ozimoy myagkoj pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2022. T. 14. № 2. S. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.

6. Novikov N.N. Novyj metod diagnostiki azotnogo pitaniya i prognozirovaniya kachestva zerne ozimoy pshenicy // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skhozaystvennoy akademii. 2017. № 5. S. 29–40. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-5-29-40.
7. Sanduhadze B.I., Mamedov R.Z., Krahmaleva M.S., Bugrova V.V. Nauchnaya selekciya ozimoy myagkoj pshenicy v Nechernozemnoj zone Rossii: istoriya, metody i rezul'taty // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2021. T. 25. № 4. S. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o.
8. Sokolenko N.I., Komarov N.M., Galushko N.A., Dubinina V.V. Istochniki vysokogo kachestva zerna v selekcii myagkoj ozimoy pshenicy i triticale // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. № 11. S. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11108.
9. Suhorukov A.F., Suhorukov A.A., Bugakova N.E. Adaptivnyj potencial sortov pshenicy myagkoj ozimoy po kachestvu zerna v srednem Povolzh'e // Zernovoe hozaystvo Rossii. 2021. № 6 (78). S. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-62-66.
10. Tekhnologicheskaya ocenka zernovyh, krupyanyh i zernobobovyh kul'tur / pod obshch. red. M.A. Fedina. M.: B. i., 1988. 121 s.
11. Fadeeva I.D., Ignat'eva I.Yu., Hakimova A.G., Mitrofanova O.P. Iskhodnyj material dlya selekcii ozimoy myagkoj pshenicy na kachestvo zerna v usloviyah severa Srednego Povolzh'ya // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2022. T. 183. № 1. S. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
12. Fomenko M.A., Grabovec A.I., Olejnikova T.A., Zheleznyak E.A. Osobennosti selekcionnogo uluchsheniya ozimoy pshenicy v stepnoj zone Rostovskoj oblasti // Vestnik Rossijskoj sel'skhozaystvennoy nauki. 2020. № 5. S. 18–22. DOI: 10.30850/vrsn/2020/5/18-22
13. Fomenko M.A., Grabovec A.I., Olejnikova T.A., Zheleznyak E.A. Osobennosti transgressivnoj selekcii ozimoy pshenicy v usloviyah zasuh // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35. № 5. S. 28–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10504.
14. Hakimova A.G., Gubarev N.K., Koshkin V.A., Mitrofanova O.P. Geneticheskoe raznoobrazie i selekcionnaya cennost' sinteticheskij geksaploidnoj pshenicy, privlechennoj v kollekciju VIR // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. T. 23. № 6. S. 108–115. DOI: 10.18699/VJ19.548.
15. Cher P. Estimation of winter wheat grain protein content based on multisource data assimilation // Remote sensing. 2020. N. 12. P. 1–20. DOI: 10.3390/rs12193201
16. Luo Y., Wang W., Fan Y.Z. Exogenously-Supplied trehalose provides better protection for D1 protein in winter wheat under heat stress // Russian Journal of Plant Physiology. 2018. T. 65. № 1. P. 115–122. DOI: 10.1134/S1021443718010168.
17. Ray D.K., Gerber J.S., MacDonald G.K., West R. Climate variation explains a third of global crop yield variability // Nature Communications. 2015. № 6. P. 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989.

Поступила в редакцию 20.02.2024

Принята к публикации 05.03.2024

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА БИОСТИМ ЗЕРНОВОЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Диана Султановна Магомедова¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, ORCID ID: 0000-0002-7559-2456

Сераяжугдин Аминович Курбанов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID ID: 0000-0001-9390-5180

¹ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,

мкр. Научный городок, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

²ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова»,

г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: mds-agro@mail.ru

Аннотация. В условиях Терско-Сулакской низменности Республики Дагестан в 2019–2022 годах изучали влияние биопрепаратов на урожайность и качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы селекции Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко (Гром) и Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра (Каролина 5). Аналитический обзор литературных источников свидетельствует о том, что использование новых сортов и биопрепаратов — важный фактор повышения урожайности зерновых культур, которые при незначительных затратах обеспечивают рентабельность их применения. Для выявления эффективности биопрепаратов проводили обработки: предпосевную семян и фолитарную посевов. Погодные условия в целом были благоприятными. Весенне-летнее развитие растений проходило в небольших по теплообеспеченности отлчиях при колебаниях ГТК от 0,37 до 0,58. За четыре года установлено, что продуктивность посевов зависит не только от сорта, но и схемы применения биопрепаратов и их сочетаний. Максимальную урожайность обеспечивает сорт Каролина 5 — 6,44 т/га, что на 0,87 т/га выше, чем у Грома. Предпосевное замачивание семян Гуматом калия Суфлер и обработка биостимулятором Биостимом зерновым посевов пшеницы дают прибавку урожая зерна в 0,71 т/га. Сорт Каролина 5 наиболее приспособлен к конкретным почвенно-климатическим условиям и уровню используемой технологии, поэтому может представлять практический интерес в плане сортосмены районированных сортов озимой мягкой пшеницы для орошаемой зоны региона.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, Гумат калия Суфлер, Биостим зерновой, качество зерна, показатели адаптивности

EFFICIENCY OF THE BIOSTIM GRAIN DRUG USAGE IN THE CULTIVATING WINTER SOFT WHEAT TECHNOLOGY

D.S. Magomedova¹, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor of the RAS*

S.A. Kurbanov², *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

¹“Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan”, Scientific town, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

²Dagestan State Agrarian University, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: mds-agro@mail.ru

Abstract. In the conditions of the Terek-Sulak lowland of the Republic of Dagestan in 2019–2022 studied the effect of biological products on the yield and grain quality of winter soft wheat varieties selected by the National Grain Center by P.P. Lukyanenko (Thunder) and the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Carolina 5). An analytical review of literary sources indicates that the use of new varieties and biological products is an important factor in increasing the yield of grain crops, which ensure the profitability of their use at low costs. To determine the effectiveness of biological products, pre-sowing seed treatment and foliar treatment of crops of these varieties of winter soft wheat carried out. Weather conditions during the years of the experiment were generally favorable. The spring-summer development of plants took place in small differences in heat supply with fluctuations in the hydrothermal coefficient from 0.37 to 0.58. As a result, of four years of research, it established that the productivity of crops depends not only on the variety, but also on the scheme of application of biological products and their combinations. The maximum yield is provided by the Carolina variety 5 — 6.44 t/ha, which is 0.87 t/ha higher than that of the Grom variety. The combination of pre-sowing seed soaking with Potassium Humate Prompter and treatment of wheat crops with the biostimulant Biostim grain provided an increase in grain yield of 0.71 t/ha. Calculation of adaptability parameters showed that the Carolina 5 variety is most adapted to specific soil-climatic conditions and the level of technology used, and in this regard, it may be of practical interest in terms of variety replacement of zoned varieties of winter soft wheat for the irrigated zone of the region.

Keywords: winter wheat varieties, potassium humate Sufler, Biostim grain, grain quality, adaptability indicators

Важнейшее значение в увеличении производства высококачественного зерна пшеницы имеет максимальное раскрытие сортового потенциала на основе современных агротехнологий, обеспечивающих эффективное использование местных почвенно-климатических ресурсов и средств интенсификации земледелия. Одно из главных направлений повышения урожайности озимой пшеницы — подбор адаптивных сортов и применение в современных агротехнологиях

различных биопрепаратов, повышающих резистентность растений к неблагоприятным факторам среды и их урожайность. [2, 15, 17]

Озимая пшеница — основная сельскохозяйственная культура Республики Дагестан, занимающая 93,7 тыс. га (22,7% площади пашни), но средняя урожайность (2,26 т/га) существенно уступает среднероссийской и не соответствует потенциальной продуктивности возделываемых сортов. [8] Для повышения ее

урожайности требуется усовершенствовать существующие элементы технологии возделывания, которые будут способствовать лучшей реализации потенциала сортов. Наиболее эффективный прием в современных технологиях возделывания озимой пшеницы — обработка семян и растений различными биопрепаратами для улучшения количественных и качественных показателей. [10, 12, 16]

Цель работы — определение адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы и установление оптимальной схемы применения биопрепаратов для повышения продуктивности сортов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевой эксперимент проводили в ОАО «Учебно-опытное хозяйство» (г. Махачкала, Республика Дагестан) в 2019–2022 годах на луговых среднесуглинистых почвах с содержанием гумуса в пахотном слое 0,0...0,3 м — 2,93%. Почва по содержанию доступных форм основных элементов питания относится к среднеобеспеченной — по легкогидролизуемому азоту (38,6 мг/кг почвы), низкообеспеченной — подвижному фосфору (12,1 мг/кг) и повышенной обеспеченности — обменному калию (310 мг/кг), pH — 7,2.

В качестве биопрепаратов использовали продукцию АО «Щелково Агрохим»: для предпосевной обработки семян — Гумат калия Суфлер (ГКС), для foliarной подкормки озимой пшеницы — Биостим зерновой (БЗ).

Двухфакторный полевой опыт с внесением $N_{160}P_{60}$ был заложен в четырехкратной повторности по схеме: сорта озимой пшеницы (фактор А) — *Гром*, контроль (наиболее распространенный в регионе) и *Каролина 5*; биопрепараты (фактор В) — замачивание в воде, контроль; предпосевная обработка семян ГКС (1 л/т), ГКС + foliarная подкормка в фазе осеннего кущения БЗ дозой 1,3 л/га (1 БЗ), ГКС + foliarная подкормка БЗ в фазах осеннего кущения и выхода в трубку (2 БЗ), ГКС + foliarная подкормка БЗ в фазах осеннего кущения, выхода в трубку и колошения (3 БЗ).

Все необходимые наблюдения, учеты и анализы проводили в соответствии с методикой полевого опыта Б.А. Доспехова, показатели фотосинтетической деятельности определяли по А.А. Ничипоровичу, статистическую обработку данных — методами дисперсионного и корреляционного анализов с помощью пакета программ «Microsoft Excel 2010 и «Statistica 10.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всхожесть и густота стояния растений — существенные показатели условий посева (состояние почвы, качество посевных работ и семян), а повторные определения густоты стояния растений позволяют выявить устойчивость посевов к абиотическим и биотическим факторам среды (табл. 1).

Предпосевная обработка семян ГКС способствовала повышению всхожести в среднем по сортам на 4,3%. Последствие агрохимиката (ГКС) сказалось на устойчивости растений к условиям осенне-зимнего периода вегетации. Независимо от сорта озимой пшеницы, к фазе весеннего возобновления вегетации при обработке семян ГКС сохранилось растений в среднем 419 шт./м² при 404 шт./м² на контроле, а осенняя фо-

лиарная подкормка (1 БЗ) увеличила густоту стояния растений до 423 шт./м². К уборке общая густота посевов уменьшилась до 77,9% при неблагоприятных факторах, но проведение двух foliarных подкормок (2 БЗ и 3 БЗ) весной-летом сохранило имеющиеся различия в густоте посевов.

Количество продуктивных стеблей под влиянием биопрепаратов возросло с 455,5 в контроле (обработка водой) до 481,5 шт./м² в варианте ГКС + 3 БЗ или на 5,7%, хотя продуктивная кустистость была практически одинаковой (1,20 и 1,23 соответственно). Наибольший этот показатель отмечен у сорта *Каролина 5* — 482 шт./м² при 464 шт./м² у *Грома*.

Анализ роста растений озимой пшеницы свидетельствует о том, что предпосевная обработка семян ГКС усиливает ростовые процессы, существенно проявляют себя foliarные подкормки Биостимом зерновым, которые увеличивают рост растений на 7,5...8,5%, максимальное в вариантах ГКС + 3 БЗ — 10,1%. Наиболее отзывчивым на биопрепарат оказался сорт *Каролина 5*, где превышение высоты растений составило

Таблица 1.
Всхожесть семян, густота стояния и высота растений в зависимости от схемы применения биопрепаратов, 2019–2022 годы

Сорт	Схема применения биопрепаратов	Всхожесть, %	Густота стояния, шт./м ²		Высота растений, м
			весной	перед уборкой	
<i>Гром</i>	Вода, контроль	88,3	401	373	0,67
	ГКС	92,7	419	388	0,69
	ГКС + 1 БЗ	91,9	423	390	0,70
	ГКС + 2 БЗ	92,5	426	394	0,73
	ГКС + 3 БЗ	93,1	423	395	0,73
<i>Каролина 5</i>	Вода, контроль	89,7	408	380	0,79
	ГКС	93,9	420	392	0,81
	ГКС + 1 БЗ	94,0	422	393	0,83
	ГКС + 2 БЗ	93,8	425	394	0,86
	ГКС + 3 БЗ	93,6	424	394	0,88

Таблица 2.
Развитие корневой системы озимой пшеницы по основным фазам роста и развития, т/га, 2019–2022 годы

Схема применения биопрепаратов	Фаза развития озимой пшеницы				К прод.
	осеннее кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	
Гром					
Вода, контроль	0,32	1,56	2,21	1,72	4,65
ГКС	0,36	1,69	2,33	1,83	4,58
ГКС + 1 БЗ	0,44	1,93	2,58	2,04	4,45
ГКС + 2 БЗ	0,46	2,04	2,72	2,17	4,26
ГКС + 3 БЗ	0,47	2,09	2,75	2,23	4,24
Каролина 5					
Вода, контроль	0,40	2,02	2,86	2,20	4,36
ГКС	0,49	2,29	3,17	2,47	4,08
ГКС + 1 БЗ	0,61	2,63	3,45	2,73	3,86
ГКС + 2 БЗ	0,62	2,74	3,61	2,92	3,79
ГКС + 3 БЗ	0,62	2,76	3,57	2,86	3,76

11,4%, по сравнению с контролем. В результате корреляционного анализа выявлена средняя прямая зависимость урожайности и высоты растений ($y = 0,0509x + 1,8774$ при $r = 0,569$).

Нашими исследованиями установлена зависимость размещения корневой системы в пахотном горизонте от сортов и схем применения биопрепаратов (табл. 2).

К завершению осеннего кушения озимой пшеницы, независимо от варианта фактора В, формируется от 14,5 до 17,8% общей корневой массы. Наибольшего развития корневая система достигла после осенней foliarной подкормки в начале кушения, которая увеличила нарастание корневой системы в среднем на 0,19 т/га (рис. 1, 3-я стр. обложки).

Важный показатель эффективности работы корневой системы – коэффициент продуктивности ($K_{\text{прод.}}$), определяемый отношением надземной растительной массы (зерно + солома) к массе корневой системы. Чем оно меньше, тем эффективнее работа корневой системы. В наших исследованиях предпосевная обработка семян ГКС снижает коэффициент продуктивности с 4,35 (контроль) до 4,19, а foliarные подкормки повышают эффективность работы корневой системы в среднем на 10,1%. Максимальный $K_{\text{прод.}}$ отмечен в вариантах с двух- и трехкратной foliarной подкормкой Биостимом зерновым – 3,86...3,89 (табл. 2). У *Каролины 5* $K_{\text{прод.}} = 3,96$ при $K_{\text{прод.}} = 4,43$ у сорта *Гром*.

У автотрофных организмов, к которым относится и озимая пшеница, фотосинтез – основной процесс образования органического вещества. Сочетание ассимиляции минеральных элементов из почвы с процессом фотосинтеза создает материальную базу для формирования урожая растений, из которого на долю фотосинтеза приходится около 95%. Площадь отдельного листа и общая листовая поверхность растения позволяют оценить его фотосинтетический потенциал (ФП). Лист обладает наибольшими приспособительными качествами к условиям окружающей среды, что выражается в изменении площади ассимиляционной поверхности растений. [7]

По всем показателям (накопление ФП, содержание абсолютно сухого вещества (АСВ), скорости роста посевов (СРП) и коэффициента полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД ФАР)), выделяется сорт *Каролина 5* (табл. 3).

Это превышение связано как с биологическими особенностями сорта, что выражается в большей высоте растений, так и лучшей отзывчивости на применяемые биопрепараты, о чем свидетельствует максимальное значение КПД ФАР – 2,11%. Худшим по показателям фотосинтетической деятельности оказался сорт *Гром*.

Эффективность биопрепаратов начинает сказываться по некоторым показателям уже после осенней подкормки посевов Биостимом зерновым, максимальная достигается при двух-трех foliarных подкормках вегетирующих посевов. Использование биопрепаратов приводит к росту ассимиляционной поверхности растений, по сравнению с контролем, на 9,9% и фотосинтетического потенциала на 6,6%, увеличению накопления сухого вещества на 11,2% и скорости роста посевов на 14,4%. Все это, в конечном итоге, увеличивает КПД фотосинтетически активной радиации на 18,7%.

Применение программного продукта Statistica 10 позволило установить множественную зависимость между площадью листьев, фотосинтетическим потенциалом и КПД ФАР (рис. 2, 3-я стр. обложки).

Полученная зависимость между КПД ФАР и изучаемыми показателями позволяет определить значения КПД ФАР при переменных значениях площади листовой поверхности и ФП. Максимальный КПД ФАР может быть при площади листьев 44 тыс. м²/га и ФП – 3,0 млн м²·дн./га.

Установлено, что биопрепараты оказывают благоприятное влияние на структуру урожая, обеспечивая положительную тенденцию по показателям структуры урожая, особенно по сорту *Каролина 5*, наиболее отзывчивому на их применение (табл. 4).

Таблица 3.
Основные показатели фотосинтетической деятельности
сортов озимой пшеницы, 2019–2022 годы

Сорт	Схема применения биопрепаратов	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, млн м ² ·дн./га	АСВ, т/га	СРП, г/м ² ·сут.	КПД ФАР, %
<i>Гром</i>	Вода, контроль	31,2	2,26	9,04	12,45	1,34
	ГКС	32,0	2,30	9,51	13,22	1,45
	ГКС + 1 БЗ	33,4	2,39	9,69	13,56	1,49
	ГКС + 2 БЗ	34,2	2,41	10,08	14,29	1,59
	ГКС + 3 БЗ	35,1	2,47	10,21	14,49	1,61
<i>Каролина 5</i>	Вода, контроль	38,1	2,68	11,04	15,77	1,73
	ГКС	39,5	2,72	11,58	16,79	1,89
	ГКС + 1 БЗ	39,7	2,72	11,68	17,03	1,95
	ГКС + 2 БЗ	41,9	2,83	12,24	18,14	2,09
	ГКС + 3 БЗ	42,0	2,83	12,37	18,31	2,11
<i>НСР₀₅</i>		1,9	0,13	0,54	0,77	0,09

Таблица 4.
Структура урожая и урожайность сортов озимой пшеницы,
2019–2022 годы

Сорт	Схема применения биопрепаратов	Масса зерна в колосе, г	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га
<i>Гром</i>	Вода, контроль	1,20	32,9	36,41	5,26
	ГКС	1,19	32,5	36,63	5,44
	ГКС + 1 БЗ	1,18	31,9	37,05	5,57
	ГКС + 2 БЗ	1,21	32,4	37,38	5,76
	ГКС + 3 БЗ	1,22	32,4	37,67	5,83
<i>Каролина 5</i>	Вода, контроль	1,28	32,9	38,91	6,05
	ГКС	1,31	33,4	39,23	6,29
	ГКС + 1 БЗ	1,33	33,4	39,82	6,42
	ГКС + 2 БЗ	1,37	34,1	40,18	6,69
	ГКС + 3 БЗ	1,38	34,2	40,33	6,76
<i>НСР₀₅</i>		0,05	1,6	1,94	0,35

Таблица 5.

Адаптивные свойства сортов озимой мягкой пшеницы по признаку урожайность, 2019–2022 годы

Сорт	Параметр									
	селекционная ценность сорта	стрессустойчивость, т/га	размах урожайности (d), %	генетическая гибкость, т/га	коэффициент вариации, %	Гомеостаз (H_{om})	общая адаптивная способность (ОАС)	экологическая устойчивость (SF)	экологическая пластичность (b_1)	коэффициент адаптивности (КА)
Гром	4,77	–0,87	14,3	5,64	3,4	41,9	–0,19	1,17	1,01	0,97
Каролина 5	5,41	–1,14	16,0	6,54	11,7	57,7	0,68	1,19	1,32	1,12

Сорт *Каролина 5* при предпосевной обработке семян ГКС + 2 БЗ обеспечил урожайность 6,69 т/га, что на 0,93 т/га выше контроля, а эффективность обработки посевов в фазе колошения озимой пшеницы (ГКС + 3 БЗ) была наименее результативной, так как рост урожайности был недостоверным и в среднем составил 0,07 т/га. Применение двух-трехкратной foliarной подкормки посевов биопрепаратами-стимуляторами роста способствует улучшению качества зерна озимой мягкой пшеницы, увеличивая по некоторым вариантам содержание белка и клейковины до 2 класса, повышая показатель седиментации.

Определение показателей адаптивности (экологическая стабильность и пластичность) изучаемых сортов к конкретным условиям возделывания позволит выделить наиболее перспективные из них для последующего районирования в хозяйствах с различным уровнем агротехники. [1, 3, 6]

Для практического определения параметров экологической пластичности использовали методики, предложенные С.А. Эберхартом и В.А. Расселом [16], Р.А. Удачным [12], С.П. Мартыновым [7], Л.А. Животовым [5] и другие. В любом полевом эксперименте основной показатель эффективности приемов агротехники считается урожайность, поэтому в наших расчетах

определения 10 параметров адаптивного потенциала изучаемых сортов и биопрепаратов за основу был взят именно он (табл. 5).

Сорт *Каролина 5* по комплексу основных параметров адаптивности (экологическая пластичность, генетическая гибкость, коэффициент адаптивности, селекционная ценность сорта и другие) превосходит сорт *Гром*. Используя принцип ранжирования, наименьшую сумму баллов получил сорт *Каролина 5* (13 баллов), поэтому его лучше выращивать на интенсивном фоне с высоким уровнем агротехники, а *Гром* (сумма баллов 17) может давать стабильный, но не очень высокий урожай при любых условиях выращивания.

Лучшие показатели (генетическая гибкость и размах урожайности, интенсивность и общая адаптивная способность, экологическая пластичность и коэффициент адаптивности) были в варианте с двукратной foliarной подкормкой вегетирующих растений Биостимом зерновым (ГКС + 2 БЗ).

Использование биопрепаратов снижает энергетические затраты на выращивание 1 т зерна на 1036 МДж, способствуя повышению коэффициента энергетической эффективности в среднем по сортам на 8,7% (табл. 6).

Сорт *Каролина 5* в сочетании со схемой применения биопрепаратов ГКС + 2 БЗ обеспечивает максимальную рентабельность – 89,4% при наименьшей себестоимости 1 т зерна – 6,33 тыс. руб.

Выводы. Установлено, что продуктивность посевов зависит не только от сорта, но и схемы применения биопрепаратов и их сочетаний. Максимальная урожайность у *Каролины 5* – 6,44 т/га, что на 0,87 т/га выше, чем у *Грома*. При предпосевном замачивании семян Гуматом калия Суфлер в дозе 1,0 л/т и foliarных подкормках вегетирующих растений озимой пшеницы сорта *Каролина 5* в фазах осеннего кущения и выхода в трубку Биостимом зерновым дозой 1,3 л/га, урожайность зерна составила 6,69 т/га. Сорт *Каролина 5* наиболее приспособлен к конкретным почвенно-климатическим условиям и уровню применяемой технологии, поэтому представляет практический интерес в плане сортосмены районированных сортов озимой мягкой пшеницы для орошаемой зоны Республики Дагестан.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Оценка адаптации сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Центрально-Черноземья // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 91–95. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11040.

Таблица 6. Энергетическая и экономическая оценка сортов озимой пшеницы с применением биопрепаратов, 2019–2022 годы

Схема применения биопрепаратов	Урожайность, т/га	Коэффициент энергетической эффективности	Производственные затраты, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Рентабельность, %
<i>Гром</i>					
Вода, контроль	5,26	1,02	39,89	7,58	58,2
ГКС	5,44	1,05	40,03	7,36	63,1
ГКС + 1 БЗ	5,57	1,07	41,16	7,39	62,4
ГКС + 2 БЗ	5,76	1,09	42,30	7,34	63,4
ГКС + 3 БЗ	5,83	1,10	43,42	7,45	61,1
<i>Каролина 5</i>					
Вода, контроль	6,05	1,16	39,97	6,61	81,6
ГКС	6,29	1,21	40,11	6,38	88,2
ГКС + 1 БЗ	6,42	1,22	41,24	6,42	86,9
ГКС + 2 БЗ	6,69	1,26	42,38	6,33	89,4
ГКС + 3 БЗ	6,77	1,27	43,51	6,44	86,4

2. Воронов С.И., Плескачев Ю.Н., Ильяшенко П.В. Основы производства высококачественного зерна озимой пшеницы // Плодородие. 2020. № 2 (113). С. 64–66. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.19.
3. Гладышева О.В., Банникова М.И. Урожайность и оценки адаптивности раннеспелых и позднеспелых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Центрального Черноземья // Аграрная наука. 2021. № 1. С. 129–132. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-129-132.
4. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателям «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
5. Иванченко Т.В., Игольникова И.С. Влияние регуляторов роста на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 101–108. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108.
6. Кинчаров А.И., Демина Е.А., Таранова Т.Ю. и др. Оценка адаптивного потенциала перспективных сортов яровой мягкой пшеницы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 10-1 (37). С. 145–149. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11624.
7. Лобунская И.А., Ионова Е.В., Лиховидова В.А. Влияние засушливых условий на урожайность и элементы фотосинтетической деятельности озимой мягкой пшеницы // Аграрная наука. 2021. № 2. С. 74–77. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-345-2-74-77.
8. Магомедова Д.С., Курбанов С.А., Ахмедова С.О. и др. Разработка элементов адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы в орошаемых условиях равнинной зоны Дагестана // В сб.: Современное состояние и инновационные пути развития мелиорации и орошаемого земледелия. Махачкала, 2020. С. 207–216.
9. Мартынов С.П. Оценка экологической пластичности сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1989. № 3. С. 124–128.
10. Пономарева А.С., Коршунов А.А., Вознесенская Т.Ю. и др. Эффективность применения органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот на пшенице // Агрохимический вестник. 2019. № 1. С. 59–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014.
11. Удачин Р.А., Головоchenko А.П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2–6.
12. Федотов В.А., Подлесных Н.В., Лукин А.Л. и др. Урожайность озимой твердой пшеницы в зависимости от действия препаратов для обработки семян и растений // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 63–66. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/63-66.
13. Шалыгина А.А., Тедеева А.А. Влияние регуляторов роста на структуру урожая озимой пшеницы // Аграрная наука. 2021. № 4. С. 64–67. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-64-67.
14. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // J. Crop Science. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
15. Farhat F., Arfan M., Tabassum H.N. et al. The Impact of Bio-Stimulants on Cd-Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.): Insights into Growth, Chlorophyll Fluorescence, Cd Accumulation, and Osmolyte Regulation // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Article number: 850567.
16. Nuttall J.G., O'Leary G.J., Panozzo J.F. et al. Models of grain quality in wheat - a review // Field Crop Res. 2017. Vol. 202. P. 136–145.
17. Sharonova N.L., Terenzhev D.A., Lyubina A.P. et al. Substances for biological protection, regulation of growth and development of agricultural crops based on secondary plant metabolites // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 949 (1).

REFERENCES

1. Belyaev N.N., Dubinkina E.A. Ocenka adaptacii sortov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah Central'nogo Chernozem'ya // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2018. № 3 (27). S. 91–95. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11040.
2. Voronov S.I., Pleskachev Yu.N., Il'yashenko P.V. Osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna ozimoy pshenicy // Plodorodie. 2020. № 2 (113). S. 64–66. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.19.
3. Gladysheva O.V., Bannikova M.I. Urozhajnost' i ocenki adaptivnosti rannespelyh i pozdnespelyh sortov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah Central'nogo Chernozem'ya // Agrarnaya nauka. 2021. № 1. S. 129–132. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-129-132.
4. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Metodika vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoy pshenicy po pokazatelyam «urozhajnost'» // Selekcija i semenovodstvo. 1994. № 2. S. 3–6.
5. Ivanchenko T.V., Igo'nikova I.S. Vliyanie reguljatorov rosta na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). S. 101–108. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-02-101-108.
6. Kincharov A.I., Demina E.A., Taranova T.Yu. i dr. Ocenka adaptivnogo potenciala perspektivnyh sortov yarovoj myagkoj pshenicy // Mezhdunarodnyj zhurnal humanitarnyh i estestvennyh nauk. 2019. № 10-1 (37). S. 145–149. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11624.
7. Lobunskaya I.A., Ionova E.V., Lihovidova V.A. Vliyanie zasushlivykh uslovij na urozhajnost' i elementy fotosinteticheskoy deyatel'nosti ozimoy myagkoj pshenicy // Agrarnaya nauka. 2021. № 2. S. 74–77. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-345-2-74-77.
8. Magomedova D.S., Kurbanov S.A., Ahmedova S.O. i dr. Razrabotka elementov adaptivnoj tekhnologii vozdeleyvaniya ozimoy pshenicy v oroshaemykh usloviyah ravninnoj zony Dagestana // V sb.: Sovremennoe sostoyanie i innovacionnye puti razvitiya melioracii i oroshaемого zemledeliya. Mahachkala, 2020. S. 207–216.
9. Martynov S.P. Ocenka ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 1989. № 3. S. 124–128.
10. Ponomareva A.S., Korshunov A.A., Voznesenskaya T.Yu. i dr. Effektivnost' primeneniya organomineral'nyh udobrenij s kompleksom aminokislot na pshenice // Agrohimičeskij vestnik. 2019. № 1. S. 59–62. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10014.
11. Udachin R.A., Golovochenko A.P. Metodika ocenki ekologicheskoy plastichnosti sortov pshenicy // Selekcija i semenovodstvo. 1990. № 5. S. 2–6.
12. Fedotov V.A., Podlesnyh N.V., Lukin A.L. i dr. Urozhajnost' ozimoy tverdoj pshenicy v zavisimosti ot dejstviya preparatov dlya obrabotki semyan i rastenij // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 1. S. 63–66. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/63-66.
13. Shalygina A.A., Tedeeva A.A. Vliyanie reguljatorov rosta na strukturu urozhaya ozimoy pshenicy // Agrarnaya nauka. 2021. № 4. S. 64–67. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-348-4-64-67.

14. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // J. Crop Science. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
15. Farhat F., Arfan M., Tabassum H.N. et al. The Impact of Bio-Stimulants on Cd-Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.): Insights into Growth, Chlorophyll Fluorescence, Cd Accumulation, and Osmolyte Regulation // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 850567.
16. Nuttall J.G., O'Leary G.J., Panozzo J.F. et al. Models of grain quality in wheat - a review // Field Crop Res. 2017. Vol. 202, P. 136–145.
17. Sharonova N.L., Terenzhev D.A., Lyubina A.P. et al. Substances for biological protection, regulation of growth and development of agricultural crops based on secondary plant metabolites // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 949 (1).

Поступила в редакцию 25.01.2024

Принята к публикации 18.04.2024

УДК 633.13:632.51(470.2)

DOI: 10.31857/S2500208224030031, EDN: yunapt

ВРЕДНОСНОСТЬ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗЕ ОВСА С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ

Александр Михайлович Шпанев, доктор биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия

E-mail: ashpanev@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения вредоносности сорных растений в агроценозе овса с подсевом многолетних трав в условиях Северо-Запада РФ. Ранее такую работу не проводили и в производстве были вынуждены использовать экономические пороги вредоносности, разработанные для других яровых зерновых культур, что не совсем правомочно. Применяли методику постоянных учетных площадок и множественно-регрессионный анализ при статистической обработке полученных данных по засоренности посевов овса. По результатам исследований определены коэффициенты вредоносности сорных растений, равные 0,005 ц/га (0,18%) снижения урожая овса от 1 экз./м² сорного растения и 0,267 ц/га (0,91%) — 1% проективного покрытия в фазе кущения, которые можно использовать как для прогноза потерь урожая, так и в расчетах экономических порогов вредоносности для данной культуры. Потери урожая овса от сорной растительности составили 2,22 ц/га (10,3%), по годам исследований они варьировали от 0,4 до 5,2 ц/га (1,5–19,8%). Основные потери урожая связаны с произрастанием в посевах самого массового вида — мари белой. Влияние сорных растений распространялось на все элементы структуры урожая, сильнее всего на густоту продуктивного стеблестоя (снижение на 14,7%). Вредоносность сорняков возрастала при сильном повреждении стеблестоя овса шведской овсяной мухой (в 1,8 раза), а также по мере повышения содержания в почве основных элементов минерального питания (2,2 раза).

Ключевые слова: овес посевной, сорные растения, вредоносность, потери урожая, минеральное питание, Северо-Запад РФ

THE HARMFULNESS OF WEEDS IN OAT AGROCENOSIS WITH UNDERSEEDING OF PERENNIAL GRASSES IN THE NORTH-WEST OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.M. Shpanev, *Grand PhD in Biological Sciences*

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Pushkin, Russia

E-mail: ashpanev@mail.ru

Abstract. The results of the study of harmfulness of weeds in the oat with perennial grasses agrocenosis in the conditions of the North-West of the Russian Federation are presented. Assessment of harmfulness of weeds in oat crops in this region of cultivation this crop has not been previously carried out, and agricultural production has to comply with economic thresholds of harmfulness for other spring cereals that is not rightfully. The method of permanent plots and multiple regression analysis were used in the statistical processing of the obtained data on the weed infestation of oat crops. By the results of the study the harmfulness coefficients of weeds were 0,005 c/ha (0,18%) of oat crop losses from 1 copy/m² of weed, and 0,267 c/ha (0,91%) for 1% of foliage projective cover in the tillering phase of oat, which can be used for the forecast of crop losses, as well as in the calculations of economic thresholds of harmfulness for this crop. Oat crop losses from weeds amounted to 2,22 c/ha (10,3%), according to the years of research they ranged from 0,4 to 5,2 c/ha (1,5–19,8%). The main losses of the crop were associated with the growth of the most widespread species in the crop — lamb's quarters (*Chenopodium album*). Weeds influenced to all elements of the crop structure, mostly to the density of the productive stems (a decrease by 14,7%). The harmfulness of weeds increased in the case of severe damage to the stem of oats by the Swedish fly (by 1,8 times), as well as with an increase in the content of the main elements of mineral nutrition in the soil (by 2,2 times).

Keywords: oats, weeds, harmfulness, crop loss, mineral nutrition, North-West of the Russian Federation

Таблица 1.

Агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы в зернотравяно-пропашном севообороте МФ АФИ [5]

Вариант	pH _{KCl}	H ₊ , мМоль/100 г	S _{обс.} , мМоль/100 г	Органическое вещество, %	Подвижные соединения, мг/кг		
					N _{легкогидр.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀ P ₀ K ₀	4,53	4,18	1,97	3,05	93	208	90
N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	4,51	4,42	2,63	3,42	107	266	98
N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	4,73	4,43	3,09	3,75	110	268	88

Оценка вредоносности вредных организмов — одна из ключевых задач агробиоценологической диагностики посевов сельскохозяйственных культур, поскольку нацелена на определение их хозяйственного значения и необходимости проведения защитных мероприятий. Кроме величины потерь урожая нахождению подлежат коэффициенты вредоспособности, которые могут использоваться для прогноза потерь урожая и в расчетах экономических порогов вредоносности, — критерии принятия решений о целесообразности проведения защитных обработок.

С учетом того, что вредоносность фитосанитарных объектов изменяется вместе с агротехникой и технологией возделывания культур, под влиянием погодных условий и выбранных сортов, исследования в этом направлении будут всегда актуальны и востребованы производственной защитой растений. [1, 4, 6–8, 11, 14, 15]

Основной вред зерновым культурам на Северо-Западе РФ причиняют сорные растения, которые при достаточном увлажнении формируют большую вегетативную массу. Потери урожая пшеницы озимой от сорняков в зависимости от состояния посева и типа засоренности — 1...24%. При этом основной недобор урожая связан с произрастанием в посевах зимующих видов. От 1% проективного покрытия урожай пшеницы озимой снижался на 0,13 ц/га (0,34%), от 1 экз./м² — 0,08 ц/га (0,22%). [13] Потери урожая пшеницы яровой — 2,5% на низком уровне азотного питания и 8,3% — высоком, а коэффициенты вредоспособности сорных растений, показывающие снижение урожая культуры от 1% проективного покрытия, — 0,14 и 0,49% соответственно. [12]

Оценку вредоносности сорных растений в посевах овса применительно к данному региону возделывания культуры ранее не проводили. Как следствие, в производстве вынуждены пользоваться ЭПВ, разработанными для яровых пшеницы или ячменя, хотя с учетом явных различий в биологии яровых зерновых культур, это не совсем правомочно.

Цель работы — оценить вредоносность сорной растительности в агроценозах овса с подсевом многолетних трав с учетом степени засоренности и содержания в почве основных элементов минерального питания на Северо-Западе РФ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2023 годах на Меньковском филиале Агрофизического НИИ (Ленинградская обл., Гатчинский р-н). Опытные посевы размещали на полях зернотравяно-пропашного севооборота, который практически в неизменном виде функционирует с 1982 года. Предшественник овса в севообороте — рожь озимая. Подсеваемые многолетние травы — тимopheевка луговая и клевер красный. Использовали сорт овса *Яков*, имеющий допуск к возделыванию в Северо-Западном регионе с 2010 года.

Длительное внесение минеральных удобрений в севообороте, согласно определенной схеме, привело к формированию трех разных вариантов по содержанию основных элементов минерального питания: высокое — дозы NPK 100, 75 и 75 кг д.в./га, среднее — 65, 50 и 50, низкое — удобрения не вносили (табл. 1).

Площадь под каждым из вариантов составляла 0,18 га, поля — 0,6, севооборота — 4,2 га.

В соответствии с методикой [2], визуальные учеты численности по видам и общего проективного покрытия сорных растений, а также состояния культурных растений проводили на постоянных учетных площадках 0,1 м² при кущении овса посевного, — фазе критической во взаимоотношении данных компонентов агрофитоценоза. Были получены результаты по урожайности овса и фитомассе сорных растений на момент уборки урожая для каждого вида и постоянной площадки. Ежегодно 36 постоянных площадок размещались по 12 на каждом варианте удобренности и находились в посевах с появления всходов до достижения овсом полной спелости.

Определяли коэффициент вредоспособности сорных растений и потерь урожая, рассчитывали величину снижения урожая от 1 экз. или 1% проективного покрытия сорняками единицы площади посева, а также меру отрицательного влияния на формирование урожая культуры всей популяции сорных растений. Вредоносность сорняков оценивали с помощью уравнений множественной регрессии. Зависимая переменная — урожайность овса посевного, аргументы — в одном случае численность наиболее распространенных видов сорняков, в другом — проективное покрытие сорных растений. В уравнении множественной регрессии при необходимости, как в случае со шведской овсяной мухой в год ее массового размножения (2021), включались показатели других вредных объектов, оказывающих значительное влияние на формирование урожая овса посевного в регионе исследований. Это вызвано необходимостью биоценологического подхода при оценке вредоносности, когда показатели причиняемого вреда каждым видом уточняются в общем уравнении регрессии. Включались сопутствующие признаки культуры — густота растений овса в фазе всходов, общая фитомасса культурных и сорных растений, а также многолетних трав на момент уборки урожая. Присутствие сопутствующих признаков культуры обусловлено необходимостью исключить влияние избирательности вредных организмов на организменном и популяционном уровнях, которое способно исказить результаты оценки причиняемого вреда. Для каждого уровня минерального питания и годов исследований рассчитывали отдельные уравнения множественной регрессии, аргументы которых — одни и те же признаки сорных и культурных растений. Расчеты проводили в программе Statistica 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав сорной растительности, произрастающей в агроценозе овса с подсевом многолетних трав, не отличался большим разнообразием. Ежегодно встречали 20...23 практически одних и тех же видов, а на единице площади посева — 6...10 видов/м². В фазе кущения овса в разные годы насчитывали от 380 до 979 экз./м² сорных растений, проективное покрытие — 6,3...33,5%. Превышение пороговых значений, оправдывающее с точки зрения величины сохраненного урожая проведение гербицидных обработок, наблюдали в 2021–2023 годах, в 2020 это было нецелесообразным. По итогам этого же года было зафиксировано формирование наименьшей надземной массы сорных растений, доля которых в общей фитомассе посева составила всего лишь 2,7% (табл. 2). В другие годы усредненная масса одного сорного растения варьировала в пределах 0,35...0,81 г, всей совокупности произрастающей сеgetальной растительности — 145,3...490,4 г/м². В 2021 году была сформирована фитомасса сорняков, составляющая 47% суммарного значения данного агрофитоценоза.

Для изучаемого агроценоза характерно формирование малолетнего типа засоренности на протяжении всего периода исследований. Доля многолетников в общей численности сорных растений — 0,1...2,4% (табл. 3). Сильную засоренность многолетниками наблюдали в 2022 году, умеренную — 2023, когда их насчитывалось 19 и 10 экз./м² соответственно. Преобладающий вид — чистец болотный (*Stachys palustris* L.), его численность в 2022 и 2023 годах — 11 и 6 экз./м² соответственно.

Массовые виды — марь белая (*Chenopodium album* L.), пикульники (*Galeopsis* spp.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), торица полевая (*Spergula arvensis* L.), дымянка аптечная (*Fumaria officinalis* L.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), горец развесистый (*Persicaria lapathifolia* (L.) S.F. Gray), средне-многолетняя численность которых в фазе кущения овса — 279, 80, 71, 65, 38, 23 и 22 экз./м². Регулярная встречаемость и большая доля мари белой в общей засоренности посева указывают на статус сверхдоминанта для данного вида (табл. 4).

Оценка вредоносности сорных растений с помощью множественно-регрессионного анализа и методики постоянных учетных площадок показала, что урожайность овса посевного по усредненным за весь период исследований данным снижалась на 2,22 ц/га (10,3%). При сильной засоренности посевов (2022) недобор урожая — 19,8%, слабой (2020) — 1,5%, средней, характерной для 11...25% проективного покрытия, — 5,8...14,2%. Согласно полученным коэффициентам вредоносности, снижение урожая овса посевного от 1% проективного покрытия почвы сорной растительностью, составляло в разные годы от 0,24 до 0,80% (табл. 5). Наиболее высокое значение коэффициента было в год массового размножения шведской овсяной мухи, что объясняется усилением вредоносности сорных растений при изреженном стеблестое (210 шт./м² в фазе кущения, 385 шт./м² — полной спелости). Наименьшая вредоносность отмечена в 2020 году, когда доля многолетних сорняков в общей структуре засоренности посева овса была наименьшей (0,3%).

Таблица 2.

Засоренность агроценоза овса с подсевом многолетних трав на Северо-Западе РФ по годам

Параметр засоренности	2020	2021	2022	2023	Среднее
Видовой состав	20	22	23	20	21
Видовое обилие, видов/м ²	8	6	10	7	8
Густота в фазе кущения, экз./м ²	380	688	979	408	614
Проективное покрытие, %	6,3	17,8	33,5	12,0	17,4
Фитомасса в фазе полной спелости, г/м ²	35,6	490,4	196,9	145,3	217,6
Доля сорняков в общей фитомассе посева, %	2,7	47,0	14,1	10,3	17,0
Масса одного сорного растения, г	0,31	0,81	0,35	0,56	0,57

Таблица 3.

Структура засоренности агроценоза овса с подсевом многолетних трав на Северо-Западе РФ

Год	Доля общей численности, %			
	многолетние		малолетние	
	однодольные	двудольные	однодольные	двудольные
2020	0,3	0,0	0,3	99,4
2021	0,0	0,1	0,0	99,9
2022	0,1	1,8	0,0	98,1
2023	0,7	1,7	0,2	97,4

Таблица 4.

Распространенные виды сорных растений в агроценозе овса с подсевом многолетних трав на Северо-Западе РФ

Вид	Густота, экз./м ²	Относительное обилие, %	Встречаемость, %
Марь белая	279	45,4	100
Пикульники	80	13,0	81,9
Фиалка полевая	71	11,6	89,6
Торица полевая	65	10,6	81,3
Дымянка аптечная	38	6,2	61,8
Редька дикая	23	3,7	54,9
Горец развесистый	22	3,6	68,8

Таблица 5.

Вредоносность сорных растений в агроценозе овса с подсевом многолетних трав в разные годы исследований

Год	Проективное покрытие почвы сорными растениями, %	Потери урожая от			
		1% проективного покрытия		общей величины проективного покрытия	
		ц/га	%	ц/га	%
2020	6,3	0,064	0,24	0,40	1,51
2021	17,8	0,066	0,80	1,17	14,24
2022	33,5	0,156	0,59	5,23	19,77
2023	12,0	0,173	0,48	2,08	5,76

На основании проведенных расчетов общего уравнения множественной регрессии по данным всего периода исследований определено, что наличие в посевах овса 1 экз./м² сорного растения в фазе кущения снижает урожайность на 0,005 ц/га (0,18%), в том числе многолетников — 0,007 ц/га (0,27%), малолет-

Таблица 6.

Влияние сорных растений на основные элементы структуры урожая овса посевного

Элемент структуры урожая	Снижение показателей			
	из расчета 1% проективного покрытия		от общей величины проективного покрытия	
	натуральное значение	относительное	натуральное значение	относительное
Густота продуктивного стеблестоя	0,436	0,89	7,24	14,72
Количество зерен в метелке	0,074	0,42	1,23	6,97
Масса зерна с одного стебля	0,003	0,51	0,05	8,47
Масса 1000 зерен	0,012	0,04	0,20	0,66

ников — 0,005 /га (0,20%), 1% проективного покрытия — 0,267 ц/га (0,91%).

По результатам расчета уравнений множественной регрессии, где в качестве зависимой переменной последовательно выступали основные элементы структуры урожая, выяснили, что произрастание сорной растительности сильнее всего сказывалось на густоте продуктивного стеблестоя, слабее всего на массе 1000 зерен (табл. 6). Величина последнего показателя определяется намного позднее и из-за него значительно может компенсироваться отрицательное влияние вредных организмов, включая сорняки, на формирование урожайности культурных растений.

Оценка вредоносности отдельных видов сорных растений выявила наличие отрицательной связи с урожайностью овса посевного только у мари белой, пикульников, дымянки аптечной и бородавника обыкновенного. В расчете уравнения множественной регрессии, одновременно присутствовали все указанные виды, коэффициенты вредоспособности оказались равны 0,39, 0,16, 0,12 и 0,55% соответственно для каждого из них, потери урожая — 10,9, 1,3, 0,5 и 0,4% (табл. 7). Подтвердилось, что самый вредоносный вид — мари белая. В 2021 году, когда ее густота произрастания составила 574 экз./м² и на долю этого вида в общей засоренности приходилось 83,5%, потери урожая овса посевного достигли 21,8%, а в 2022 при 326 экз./м² — 12,7%. Примечательно, что коэффициенты вредоспособности в указанные годы 0,38 и 0,39%.

Уровень минерального питания во многом определяет вредоносность сорных растений. [3, 16, 17] Наши исследования показали, что при отсутствии удобрений на протяжении многих лет, из-за большого количества многолетних видов, коэффициент вредоспособности сорных растений оказался выше в 1,3 раза, но потери урожая ниже в 2,2 раза, чем на удобренном варианте (табл. 8). Сказалось преимущество применения удобрений на общее проективное покрытие — 21,9 против 7,6%. Об увеличении засоренности посевов овса под действием минеральных удобрений говорилось ранее и другими исследователями. [9, 10]

Таблица 7.

Вредоносность распространенных видов сорных растений в агроценозе овса с подсевом многолетних трав на Северо-Западе РФ

Вид	Густота, экз./м ²	Потери урожая от			
		в фазе кущения культуры		общей густоты произрастания	
		ц/га	%	ц/га	%
Мари белая	279	0,113	0,39	3,15	10,88
Пикульники	80	0,047	0,16	0,38	1,28
Дымянка аптечная	38	0,035	0,12	0,13	0,46
Бородавник обыкновенный	8	0,159	0,55	0,13	0,44

Выводы. В современных условиях землепользования на Северо-Западе России потери урожая овса от сорной растительности составили 2,22 ц/га (10,3%), по годам исследований они варьировали от 0,4 до 5,2 ц/га (1,5...19,8%). Основные потери были связаны с произрастанием в посеве мари белой. Влияние сорных растений распространялось на все элементы структуры урожая, в том числе густоту продуктивного стеблестоя (снижение на 14,7%), массу и количество зерен в метелке (8,5 и 7%), массу 1000 зерен (0,7%). Вредоносность сорняков возрастала при сильном повреждении стеблестоя овса шведской овсяной мухой (в 1,8 раза) и по мере повышения содержания в почве основных элементов минерального питания (в 2,2 раза).

Таким образом, определены коэффициенты вредоспособности сорных растений (снижение урожая овса от 1 экз./м² сорного растения в фазе кущения культуры на 0,005 ц/га (0,18%), 1% проективного покрытия — 0,267 ц/га (0,91%)), которые можно использовать как для прогноза потерь урожая, так и в расчетах экономических порогов вредоносности, считающихся критериями принятия решений о целесообразности проведения гербицидных обработок.

Таблица 8.

Вредоносность сорных растений в агроценозах овса с подсевом многолетних трав в зависимости от содержания в почве основных элементов минерального питания

Содержание в почве основных элементов минерального питания	Проективное покрытие почвы сорными растениями, %	Потери урожая от			
		1% проективного покрытия		общей величины проективного покрытия	
		ц/га	%	ц/га	%
Низкое	7,6	0,132	0,72	1,03	5,47
Среднее	21,9	0,132	0,54	2,89	11,83

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Арестова Н.О., Рябчун И.О. Изменение вредоносности фитопатогенов в зависимости от метеорологических условий на виноградниках Нижнего Придонья // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. № 58. С. 102–108. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-102-108.
- Воеводин А.В., Зубков А.Ф., Корнилова Е.Н. Методические указания по оценке вредоносности сорных растений на зерновых культурах. Л., 1983. 27 с.
- Дедов А.В., Шевченко В.А. Влияние различных способов основной обработки почвы и удобрений на засоренность посевов и урожайность ячменя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16. № 2 (77). С. 13–23. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_13.
- Земляничина С.В., Комарова О.П. Численность и вредоносность фитогенов эспарцета в зависимости от агрохимических фонов и предпосевной обработки семян Бишофитом // Успехи современного естествознания. 2020. № 8. С. 5–10.
- Иванов А.И., Фесенко М.А., Вертебный В.Е., Дубовицкая В.И. Результаты и развитие исследований в многолетнем стационарном полевом опыте в семипольном севообороте // Агрофизика. 2012. № 3. С. 50–57.
- Кабзарь Н.В., Сорока С.В., Сорока Л.И. Пороги вредоносности однолетних двудольных зимующих сорных растений в посевах озимого тритикале // Защита растений. 2019. № 43. С. 18–25.
- Каплин В.Г., Катюк А.И., Васин В.Г. и др. Особенности развития и вредоносность гороховой зерновки *Bruchus pisorum* (L.) (Coleoptera, Bruchidae) в лесостепи Среднего Поволжья // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98. № 3. С. 445–468.
- Морозов А.Н., Дубовик Д.В., Ильин Б.С. Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов, урожайность и качество зерна сои // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 2 (30). С. 74–85.
- Мусаев М.Р., Омариев Ш.Ш., Курамагомедов А.У. и др. Влияние различных способов обработки почвы на засоренность и урожайность культур севооборота // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 2 (106). С. 118–126. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-118-126
- 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.
- Чекмарева Л.И., Денисов Е.П., Лихацкая С.Г. и др. Влияние энтомофагов на динамику численности и вредоносность злаковой тли при различной обработке почвы // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 48–53.
- Шпанев А.М. Влияние азотных удобрений на фитосанитарное состояние и потери урожая яровой пшеницы от вредных организмов в Северо-Западном регионе // Агрохимия. 2016. № 9. С. 62–69.
- Шпанев А.М. Вредоносность сорных растений в посевах пшеницы озимой на Северо-Западе России // Вестник защиты растений. 2018. № 2 (96). С. 42–46.
- Щеклеина Л.М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (2). С. 134–143. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143
- Юшкевич Л.В., Ершов В.Л., Щитов А.Г. Влияние агротехнологий на засоренность агрофитценоза и продуктивность яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2021. № 1 (41). С. 75–84. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_1_75.
- Kaur S., Kaur R., Chauhan B.S. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. Crop Protection. 2018. Vol. 103. P. 65–72. DOI: 10.1016/j.cropro.2017.09.011.
- Kocira A., Staniak M. Weed Ecology and New Approaches for Management. Agriculture. 2021. Vol. 11 (3). P. 262.

REFERENCES

- Arestova N.O., Ryabchun I.O. Izmenenie vredonosnosti fitopatogenov v zavisimosti ot meteorologicheskikh uslovij na vinogradnikah Nizhnego Pridon'ya // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2019. № 58. S. 102–108. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-58-102-108
- Voevodin A.V., Zubkov A.F., Kornilova E.N. Metodicheskie ukazaniya po ocenke vredonosnosti sornyh rastenij na zernovykh kul'turah. L., 1983. 27 s.
- Dedov A.V., Shevchenko V.A. Vliyanie razlichnykh sposobov osnovnoy obrabotki pochvy i udobrenij na zasorennost' pos-evov i urozhajnost' yachmenya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. T. 16. № 2 (77). S. 13–23. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_13.
- Zemlyanicyna S.V., Komarova O.P. Chislennost' i vredonosnost' fitofagov esparceta v zavisimosti ot agrohimicheskikh fonov i predposevnoy obrabotki semyan Bishofitom // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2020. № 8. S. 5–10.
- Ivanov A.I., Fesenko M.A., Vertebnyy V.E., Dubovickaya V.I. Rezul'taty i razvitie issledovaniy v mnogoletnem stacionarnom polevom opyte v semipol'nom sevooborote // Agrofizika. 2012. № 3. S. 50–57.
- Kabzar' N.V., Soroka S.V., Soroka L.I. Porogi vredonosnosti odnoletnih dvudol'nykh zimuyushchih sornyh rastenij v posevah ozimogo tritikale // Zashchita rastenij. 2019. № 43. S. 18–25.
- Kaplin V.G., Katyuk A.I., Vasin V.G. i dr. Osobennosti razvitiya i vredonosnost' gorohovoy zernovki *Bruchus pisorum* (L.) (Coleoptera, Bruchidae) v lesostepi Srednego Povolzh'ya // Entomologicheskoe obozrenie. 2019. T. 98. № 3. S. 445–468.
- Morozov A.N., Dubovik D.V., Il'in B.S. Vliyanie sposobov osnovnoy obrabotki pochvy na zasorennost' posevov, urozhajnost' i kachestvo zerna soi // Tavricheskij vestnik agrarnoy nauki. 2022. № 2 (30). S. 74–85.
- Musaev M.R., Omariev Sh.Sh., Kuramagomedov A.U. i dr. Vliyanie razlichnykh sposobov obrabotki pochvy na zasorennost' i urozhajnost' kul'tur sevooborota // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. 2022. № 2 (106). S. 118–126. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-2-106-118-126.
- Purgin D.V., Usenko V.I., Kravchenko V.I. i dr. Formirovanie zasorennosti posevov v zernoparovom sevooborote v zavisimosti ot sposob obrabotki pochvy i primeneniya sredstv himizatsii // Zemledelie. 2019. № 8. S. 8–13.
- Chekmarova L.I., Denisov E.P., Lihackaya S.G. i dr. Vliyanie entomofagov na dinamiku chislennosti i vredonosnost' zlakovoy tli pri razlichnoy obrabotke pochvy // Agrarnyj nauchnyy zhurnal. 2019. № 4. S. 48–53.
- Shpanev A.M. Vliyanie azotnykh udobrenij na fitosanitarnoe sostoyanie i poteri urozhaya yarovoy pshenicy ot vrednykh organizmov v Severo-Zapadnom regione // Agrohimiya. 2016. № 9. S. 62–69.
- Shpanev A.M. Vredonosnost' sornyh rastenij v posevah pshenicy ozimoy na Severo-Zapade Rossii // Vestnik zashchity rastenij. 2018. № 2 (96). S. 42–46.
- Shchekleina L.M. Vliyanie pogodnykh faktorov na otdel'nye periody razvitiya griba *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul i uroven' vredonosnosti sporyn'i v Kirovskoj oblasti // Agrarnaya nau-

- ka Evro-Severo-Vostoka. 2019. № 20 (2). S. 134–143. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143
15. Yushkevich L.V., Ershov V.L., Shchitov A.G. Vliyaniye agrotekhnologiy na zasorennost' agrofitotsenoza i produktivnost' yarovoy pshenicy v lesostepi Zapadnoy Sibiri // Vestnik Omskogo GAU. 2021. № 1 (41). S. 75–84. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_1_75
16. Kaur S., Kaur R., Chauhan B.S. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. Crop Protection. 2018. Vol. 103. P. 65–72. DOI: 10.1016/j.cropro.2017.09.011
17. Kocira A., Staniak M. Weed Ecology and New Approaches for Management. Agriculture. 2021. Vol. 11 (3). P. 262.

Поступила в редакцию 19.02.2024
Принята к публикации 04.03.2024

УДК 632.633.63

DOI: 10.31857/S2500208224030049, EDN: yyixnc

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯЧМЕНЯ СОРТА ЗНАТНЫЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ

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

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

Аннотация. Представлены данные двухлетних исследований по влиянию микробиологических удобрений и регулятора роста на продукционный процесс ячменя сорта Знатный. Изучали элементы технологий возделывания ярового ячменя с применением микробиологических препаратов Органит N, Ж, Органит P, Ж, кремнийсодержащего регулятора роста АпаСил, П, бактериального препарата Нитрагин КМ, СП и выявили сортовые особенности роста и развития культуры. Показано положительное влияние биопрепаратов на урожайность и качественные показатели ячменя. По продуктивности выделили вариант № 4: $N_{60}P_{60}K_{60}$ (фон) + Вил Трио, ВСК – 1,2 л/т + Табу, ВСК – 1 л/т + Органит N, Ж – 2 л/т + Органит P, Ж – 2 л/т + АпаСил, П – 0,05 кг/т – протравливание семян + Органит N, Ж – 1 л/га + Органит P, Ж – 1 л/га + АпаСил, П – 0,05 кг/га – внекорневая подкормка растений. Количество продуктивных стеблей перед уборкой составило 558 шт./м², в варианте № 4 – 730 шт./м². При использовании биопрепаратов наблюдали положительную тенденцию увеличения длины колоса на 0,5–1,2 см, массы зерна с колоса – на 0,08–0,16 г, по сравнению с контролем. Число зерен в колосе на контроле – 21,7 шт., в варианте № 4 – на 1,9 шт. больше, чем в контроле. В последнем масса 1000 зерен превосходит контроль на 1,4 г. Полученные за два года результаты показывают прибавку урожая зерна к контролю 0,5–1,12 т/га (8,5–19,0%). Увеличение урожайности в варианте № 4 достигло 19,0%. Условно чистый доход – 3448 руб./га.

Ключевые слова: регуляторы роста, урожайность, качество зерна, ячмень яровой, сорт Знатный

PRODUCTIVITY AND QUALITY INDICATORS OF ZNATNY BARLEY WHEN USING MINERAL FERTILIZERS AND BIOLOGICAL PRODUCTS

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

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

Abstract. Data from two years of research on the effect of microbiological fertilizers and a growth regulator on the production process of Znatny barley are presented. During the research the technologies elements for cultivating spring barley of the Znatny variety were studied using microbiological preparations Organit N, Zh, Organit P, Zh, silicon-containing growth regulator ApaSil, P, bacterial preparation Nitragin KM, SP, and varietal characteristics of the growth and development of the crop were identified. The positive effect of biological products on the yield and quality indicators of barley has been shown. According to the cultivating productivity of Znatny barley variety the variant No. 4 stood out: – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (background) + Vial Trio, VSK – 1.2 l/t + Tabu, VSK – 1 l/t + Organit N, F – 2 l/t + Organit P, F – 2 l/t + ApaSil, P – 0.05 kg/t – seed treatment + Organit N, F – 1 l/ha + Organit P, F – 1 l/ha + ApaSil, P – 0.05 kg/ha – foliar feeding of plants. Analysis of the yield structure showed that the number of productive stems before harvesting was 558 pcs/m²; in option No. 4 with microbiological preparations, this figure was 730 pcs/m². Also, when using biological products there is a positive tendency to increase the length of the ear by 0.5–1.2 cm, the weight of grain per ear – by 0.08–0.16 g compared to the control. The number of grains in an ear in the control was 21.7 pieces, in option No. 4 – by 1.9 pieces. more compared to the control. In option No. 4, the weight of 1000 grains exceed the control by 1.4 g. The results obtained over two years convincingly show an increase in grain yield over the control by 0.5–1.12 t/ha or by 8.5–19.0%. The use of microbiological fertilizers increases the yield of barley in option No. 4 from 5.9 t/ha in control to a maximum value of 7.02 t/ha, or by 19% against the background of the initial use of mineral fertilizers. Net income was to 3,448 rubles/ha, conditionally.

Keywords: growth regulators, yield, grain quality, spring barley, Znatny variety

Ячмень — ценная зернофуражная культура. Разностороннее использование, высокая урожайность, скороспелость, меньшая требовательность к условиям выращивания определяют ее большое народнохозяйственное значение. Так как у ярового ячменя короткий период вегетации, он отличается требовательностью к элементам питания. Из-за поиска путей производства сельскохозяйственной продукции при дефиците минеральных и органических удобрений возрос интерес к биологическим препаратам. [2] Внесение минеральных удобрений и микробиологических препаратов — необходимое условие получения высоких урожаев. [5]

Урожайность культуры на севере и северо-западе Рязанской области — 25...30 ц/га, юге и юго-востоке — 40...50 ц/га. Используя сортовую технологию выращивания и обеспечивая надежную защиту от вредных организмов, урожай зерна культуры можно увеличить на 20...30%. В последнее десятилетие актуально научное обоснование путей повышения продуктивности ячменя. Перспективным направлением в данной области считается применение микробиологических препаратов, хотя их эффективность изучена недостаточно. [13] Оптимизация экологического состояния агроландшафтов возможна при рациональном сочетании различных видов минеральных удобрений и биопрепаратов. [6]

Установлено, что большинство бактериальных препаратов улучшает питательный режим растений из-за мобилизации почвенных запасов макро- и микроэлементов. Поэтому актуальность изучения совместного применения биопрепаратов и минеральных удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур очевидна. Использование современных препаратов для роста и развития растений в комплексе с внесением минеральных удобрений — важный фактор получения более высоких и качественных урожаев. [1] Современное сельскохозяйственное производство должно быть направлено на сохранение и воспроизводство плодородия почвы. Требуется постоянно поддерживать баланс питательных веществ, осуществляя возврат минеральных элементов, вынесенных урожаем. Оптимизация экологического состояния агроландшафтов возможна при сочетании различных видов минеральных удобрений и биопрепаратов. [3, 14]

Действие регуляторов роста и удобрений сильно отличается. Регуляторы — не питательные вещества, а факторы управления ростом и развитием растений. [12]

Эффективность применения минеральных удобрений во многом зависит от почвенно-климатических условий зоны, агрохимических показателей, сортов ячменя. Реакция различных сортов к уровням интенсификации технологий очень актуальна на современном этапе сельскохозяйственного производства. [6]

Цель работы — изучить влияние минеральных удобрений, микробиологических препаратов и регулятора роста растений на продуктивность культур и качество зерна ячменя сорта *Знатный* в условиях Рязанской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на полях Института семеноводства и агротехнологий (ИСА — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) в 2022–2023 годах. Объект изучения — темно-серая лесная почва, яровой ячмень сорта *Знатный*.

Агрохимические показатели почвы: гумус (ГОСТ 26213-91) — 3,2%, нитратный азот (ГОСТ 26951-86) — 14,7 мг/кг, аммонийный азот (ГОСТ 2648-85) — 2,75 мг/кг, рН_{сол} (ГОСТ 26483-85) — 5,46 ед.; подвижный фосфор (по Кирсанову) (ГОСТ Р 54650-2011) — 243,9 мг/кг, подвижный калий — 175 мг/кг почвы, обменный магний (ГОСТ 26487-85) — 2,2 мг-экв/100 г почвы.

Яровой ячмень высевали по предшественнику черны́й пар. Учетная площадь делянки — 50 м², повторность четырехкратная. Норма высева — 5,0 млн/га всхожих семян. Под основную обработку вносили азофоску N₁₆P₁₆K₁₆/N₆₀P₆₀K₆₀ кг д.в. — 375 кг/га в физическом весе. Агротехника общепринятая для возделывания культуры в Рязанской области.

Учет урожая проводили методом сплошного обмолота зерновым комбайном «Сампо-130». Анализировали почву и растения согласно ГОСТам, статистический анализ данных — дисперсионным методом Б.А. Доспехова. [4, 8, 9, 11]

Испытуемые препараты: многоцелевой кремнийсодержащий регулятор роста растений с иммуностимулирующими свойствами — регулятор роста АпаСил, П и жидкие микробиологические удобрения Органит N, Ж, Органит P, Ж.

Органит N, Ж улучшает азотное питание сельскохозяйственных культур с помощью способности бактерий *Azospirillumzear* фиксировать атмосферный азот и переводить его в формы, пригодные для потребления растением. Активные ингредиенты — клетки и биологически активные метаболиты штамма *Azospirillumzear*.

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

АпаСил, П — инновационный кремнийсодержащий продукт (SiO₂ — 31,5%). Кремний повышает фотосинтетическую активность листьев и укрепляет стенки стеблей, помогает растениям противостоять стрессам, связанным с засухой.

Осенняя обработка почвы — вспашка на 20 см. Весной во всех вариантах проводили ранневесеннее боронование БЗСС-1 на глубину 3...4 см для закрытия влаги и выравнивания поверхности почвы.

Перед посевом семена ячменя сорта *Знатный* обрабатывали Вил Трио ВСК — 1,2 л/т + Табу (500 г/л), ВСК — 1 л/т (вариант № 2). В варианте № 3 и № 4 — Вил Трио, (120 + 30 + 5 г/л), ВСК — 1,2 л/т + Табу, (500 г/л), ВСК — 1 л/т + Органит N, Ж — 1 л/т + Органит P, Ж — 1 л/т + АпаСил, П — 0,05 кг/т (протравливание семян).

В фазе кущения использовали баковую смесь гербицида Балерина Супер, (410 + 15 г/л), СЭ — 0,5 л/га + инсектицид Борей Нео, (125 + 100 + 50 г/л), СК — 0,2 л/га (опрыскивание в фазе кущения).

Обрабатывали семена перед посевом согласно регламентам работы с инокулянтами. Регуляторы роста и микробиологическое удобрение вносили ручным опрыскивателем из расчета 200 л/га рабочего раствора. Гербициды, инсектициды, фунгициды — опрыскивателем ОН-600 с нормой расхода рабочего раствора 200...300 л/га (в зависимости от препарата).

Перед уборкой урожая брали образцы растений для определения элементов структуры урожая и его качества, динамики нарастания биомассы.

Таблица 1.

Метеорологические условия вегетационных периодов (апрель – август) 2022–2023 годов

Месяц	Год	Среднесуточная температура, °С			Сумма осадков, мм			ГТК
		фактическое	среднемноголетнее	отклонение	фактическое	среднемноголетнее	отклонение	
Апрель	2022	7,8	4,1	+3,7	58,0	28,0	+30,0	0,36
	2023	12,4	4,1	+8,3	35,8	28,0	+7,8	0,96
Май	2022	13,4	12,6	+0,8	49,6	40,0	+9,6	1,24
	2023	15,9	12,6	+3,3	8,9	40,0	–31,1	0,21
Июнь	2022	21,5	17,0	+4,5	40,7	55,0	–14,3	0,83
	2023	19,8	17,0	+2,8	35,5	55,0	–19,5	0,56
Июль	2022	24,0	18,8	+5,2	16,0	64,0	–48,0	0,22
	2023	21,2	18,8	+2,4	82,4	64,0	+18,4	1,25
Август	2022	25,5	17,1	+8,4	12,8	55,0	–42,2	0,60
	2023	22,8	17,1	+5,7	22,6	55,0	–32,4	0,32
Сентябрь	2022	12,1	11,2	+0,9	88,6	40,0	+48,6	2,40
	2023	17,8	11,2	+6,6	9,9	40,0	–30,1	0,19

Схема опыта:

1. Контроль (без обработок);
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (фон) + Виал Трио, ВСК – 1,2 л/т + Табу, ВСК – 1 л/т – протравливание семян Балерина Супер, СЭ – 0,5 л/га + Борей Нео, СК – 0,2 л/га – опрыскивание в фазе кущения культуры, фунгицид Ракурс, 0,4 л/га – по вегетации;
3. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (фон). Виал Трио, ВСК – 1,2 л/т + Табу, ВСК – 1 л/т + Органит N, Ж 1 л/т + Органит P, Ж 1 л/т + АпаСил, П – 0,05 кг/т – протравливание семян. Балерина Супер, СЭ – 0,5 л/га + Борей Нео, СК – 0,2 л/га – обработка в фазе кущения культуры. Фунгицид Ракурс, СК – 0,4 л/га – по вегетации, Органит N, Ж – 0,5 л/га + Органит P, Ж – 0,5 л/га + АпаСил, П – 0,05 кг/га – внекорневая подкормка;
4. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (фон). Виал Трио, ВСК – 1,2 л/т + Табу, ВСК – 1 л/т + Органит N, Ж 1 л/т + Органит P, Ж 1 л/т + АпаСил, П – 0,05 кг/т – протравливание семян. Балерина Супер, СЭ – 0,5 л/га + Борей Нео, СК – 0,2 л/га – обработка в фазе кущения. Фунгицид Ракурс, СК – 0,4 л/га – по вегетации, Органит N, Ж – 1 л/га + Органит P, Ж – 1 л/га + АпаСил, П – 0,05 кг/га – внекорневая подкормка.

При обработке семян ячменя норма рабочей жидкости – 10 л/т.

Прирост зеленой (сухой) массы находили по средней пробе с каждой делянки отдельно. [10] Определение структуры урожая проводили по общепринятой методике Госсортоиспытания. [7]

Для характеристики погодных условий и их влияния на продуктивность зерна ячменя рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову. Метеорологические условия вегетационных периодов отличались друг от друга и от среднемноголетней величины (табл. 1).

Вегетационный период 2022 года отличался колебаниями температурного режима и превышением среднемноголетних показателей в мае на 0,8°C, июне – 4,5°C, июле – 5,2°C и неравномерным выпадением осадков. В мае осадки превысили норму на 9,6 мм. В июне, июле и августе наблюдали их дефицит. ГТК в мае – 1,24, июне – 0,83, июле – 0,22, августе – 0,16.

Температура воздуха апреля 2023 года превысила среднемноголетнюю на 8,3°C. Осадки в этом месяце

также превышали норму на 7,8 мм, но выпали они преимущественно в III декаде. Такой температурный режим позволил провести сев ярового ячменя в ранние сроки. Температура мая ненамного превысила среднемноголетнюю норму – на 3,3°C, но был дефицит осадков (ниже на 31,1 мм), ГТК – 0,21.

Среднесуточная температура в июне – 19,8°C, что на 2,8°C выше среднемноголетних значений. За месяц в целом наблюдали дефицит осадков в 19,5 мм, ГТК – 0,83 (см. таблицу 1).

Основная масса атмосферных осадков выпала в июле (больше среднемноголетних на 18,4 мм). Температура июля превышала среднемноголетнюю на 2,4°C. Дефицит осадков в августе – 32,4 мм, температурный режим выше на 5,7°C. Таким же теплым и сухим был сентябрь, температура выше на 6,6°C, осадков меньше нормы на 30,1 мм, ГТК – 0,19.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные исследования показали, что применение биопрепаратов существенно повлияло на более дружное и полное прорастание ячменя.

Густота стояния растений в вариантах с применением химических и биологических препаратов была выше, чем на контроле – 25, 12 и 34 шт./м². Самый высокий показатель к уборке сформировался в варианте № 4 – 356 шт./м². Сохранность растений к уборке по вариантам превышала контроль на 6,5...10,2%. Наибольшая сохранность сорта ячменя *Знатный* достигала 93,7% (вариант № 4), на контроле – 83,5% (табл. 2).

Использование микробиологических удобрений и регулятора роста растений ячменя способствует зна-

Таблица 2.

Густота стояния и сохранность растений ярового ячменя сорта *Знатный* за 2022–2023 годы

Вариант	Количество растений, шт./м ²		Сохранность растений к уборке, %
	по всходам	перед уборкой	
1	346	289	83,5
2	371	334	90,0
3	358	330	92,2
4	380	356	93,7

Таблица 3.

Прирост зеленой массы ярового ячменя сорта Знатный за 2022–2023 годы, г/м²

Вариант	Выход в трубку	Колошение	% к предыдущей фазе	Созревание	% к предыдущей фазе
1	418,0	602,3	44,1	771,0	28,0
2	425,6	627,2	47,4	820,7	30,7
3	428,0	634,1	48,2	835,4	31,7
4	456,0	715,6	56,9	952,3	33,0
НСР ₀₅	0,83	2,87	—	3,88	—

Таблица 4.

Структурный анализ ярового ячменя сорта Знатный в зависимости от применения микробиологических препаратов за 2022–2023 годы

Вариант	Число растений, шт./м ²	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса, г	
					зерен с колоса	1000 зерен
1	588	2,1	7,7	21,7	1,20	47,9
2	705	2,2	8,2	23,0	1,28	49,8
3	665	2,2	8,7	23,1	1,29	49,9
4	730	2,32	8,9	23,6	1,36	50,1

Таблица 5.

Влияние микробиологических удобрений на урожайность и качество зерна ячменя сорта Знатный на темно-серой лесной почве за 2022–2023 годы

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю		Белок, %	Крахмал, %	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л
		т/га	%				
1	5,9	—	100,0	12,6	54,0	48,6	629
2	6,4	0,5	108,5	13,1	53,5	48,0	629
3	6,6	0,7	111,9	12,8	53,9	49,0	634
4	7,02	1,12	119,0	13,4	54,2	50,0	638
НСР ₀₅	0,08	—	—	—	—	—	—

чительному приросту зеленой массы по отношению к контролю без обработок.

Средние данные по фазам развития ярового ячменя свидетельствуют о наиболее высоких темпах нарастания зеленой массы с применением биопрепарата в варианте № 4 (фаза созревания — 952,3 г/м²), прирост — 33,0% (табл. 3).

Для выявления закономерностей действия минеральных и микробиологических удобрений на урожай и качество зерна используют анализ структуры урожая ярового ячменя. Применение микробиологических препаратов в опыте не ухудшало структуру урожая, количество продуктивных стеблей перед уборкой — 558...730 шт./м². Длина колоса колебалась от 7,7 до 8,9 см. Наиболее отзывчивым на применение изучаемых биопрепаратов оказался вариант № 4, где отмечена положительная тенденция увеличения длины колоса на 1,2 см, массы зерна с колоса на 0,16 г, по сравнению с контролем. Число зерен в колосе — 21,7 шт. (контроль) и 23,6 (вариант № 4).

Масса 1000 зерен в вариантах варьировала от 1,9 до 2,2 г, по мере усиления комплекса биопрепаратов по вариантам все показатели структуры урожая улучшались (табл. 4).

Формирование более мощных растений активизирует процесс повышения урожайности ячменя (табл. 5). Протравливание семян ячменя и посевов в варианте № 4 (Виал Трио, ВСК — 1,2 л/т + Табу, ВСК — 1 л/т + Органит N, Ж — 2 л/т + Органит P, Ж — 2 л/т + АпаСил, П — 0,05 кг/т — протравливание семян, затем тройная обработка посевов, включая опрыскивание вегетирующих растений гербицидом Балерина Супер, СЭ — 0,5 л/га + инсектицид Борей Нео, СК — 0,2 л/га в фазе кущения, фунгицид Ракурс, СК — 0,4 л/га по вегетации, внекорневая подкормка растений Органит N, Ж + Органит P, Ж — 1 л/га + АпаСил, П — 0,05 кг/га) способствует повышению продуктивности и качественных показателей.

Выводы. Таким образом, результаты опыта свидетельствуют о высокой эффективности микробиологических препаратов (Органит N, Ж, Органит P, Ж, кремнийсодержащий регулятор роста АпаСил, П) для предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки по фазам развития культуры, согласно схеме опыта на посевах ячменя. По продуктивности выделился вариант № 4: — N₆₀P₆₀K₆₀(фон) + Виал Трио, ВСК — 1,2 л/т + Табу, ВСК — 1 л/т + Органит N, Ж — 2 л/т + Органит P, Ж — 2 л/т + АпаСил, П — 0,05 кг/т — протравливание семян + Органит N, Ж — 1 л/га + Органит P, Ж — 1 л/га + АпаСил, П — 0,05 кг/га — внекорневая подкормка растений. Увеличение урожайности в варианте № 4 к контролю достигло 19,0%. Условно чистый доход — 3448 руб./га.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алиев А.М. Старостина Е.Н., Ивашенков Г.А. Комплексное применение средств химизации и их влияние на урожайность и качество зерновых культур в севообороте Центрального Нечерноземья // Плодородие. 2020. № 2 (113). С. 26–28. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.08. EDN: RYUXXZ.
- Алметов Н.С., Габдуллин В.Р., Алферов А.А. Применение биопрепарата Азоризин — надежный способ повышения продуктивности и качества урожая ячменя // Агрохимический вестник. 2016. № 2. С. 44–47. EDN: WDZBAX.
- Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Эффективность длительного применения минеральных удобрений на темно-серой лесной почве // Плодородие. 2023. № 4 (133). С. 18–21. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.04. EDN: USGRYX.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.
- Левакова О.В., Гладышева О.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность нового сорта ярового ячменя Знатный в Нечерноземной зоне РФ // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4 (76). С. 86–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-86-90. EDN: HBUURA.
- Левакова О.В., Ерошенко Л.М. Новый сорт ярового ячменя Знатный // Аграрная наука. 2020. № 9. С. 80–83. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-341-9-80-84. EDN: YTYYYT.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. 194 с.
- Методические рекомендации по определению общего экономического эффекта от использования результатов

- научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе. М.: РАСХН, 2007.
9. Методические указания по проведению регистрационных испытаний новых форм удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста растений / В.Г. Сычев, О.А. Шаповал, И.П. Можарова [и др.]; под ред. А.А. Завалина, А.И. Еськова; Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Всероссийский научно-исследовательский, конструкторский и проектно-технологический институт органических удобрений и торфа РАСХН. Москва – Владимир : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2009. 104 с. ISBN 978-5-9238-0086-9. EDN: QLAD XV.
 10. Никитенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.
 11. Руководство по проведению регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание / В.Г. Сычев, О.А. Шаповал, И.М. Можарова и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 216 с.
 12. Синяшин О.Г., Шаповал О.А., Шулаева М.М. Инновационные регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве // Плодородие. 2016. № 5 (92). С. 38–42. EDN: WWRVZR.
 13. Сметов Д.Б., Титова В.И. Влияние совместного внесения минеральных удобрений и биопрепарата бисолбифит на продуктивность ячменя // Плодородие. 2010. № 4 (55). С. 19–21. EDN: MUTULR.
 14. Тychinskaya И.Л., Зеленев А.А., Мерцалов Е.Н., Михалева Е.С. Влияние препаратов Биоклад и Вермикс на элементы продуктивности, урожайность и качественные показатели ярового ячменя // Земледелие. 2021. № 4. С. 7–10. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10402. EDN: ONMFYF.
 - lesnoj pochve // Plodorodie. 2023. № 4 (133). S. 18–21. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.04. EDN: USGRYX.
 4. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M., 2012. 352 s.
 5. Levakova O.V., Gladysheva O.V. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na produktivnost' novogo sorta yarovogo yachmenya Znatnyy v Nechernozemnoy zone RF // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 4 (76). S. 86–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-86-90. EDN: HBUURA.
 6. Levakova O.V., Eroshenko L.M. Novyy sort yarovogo yachmenya Znatnyy // Agrarnaya nauka. 2020. № 9. S. 80–83. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-341-9-80-84. EDN: YTYYYT.
 7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. M., 2019. 194 s.
 8. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniyu obshchego ekonomicheskogo efekta ot ispol'zovaniya rezul'tatov nauchno-issledovatel'skikh i opytно-konstruktorskikh rabot v agropro-myshlennom komplekse. M.: RASHN, 2007.
 9. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu registracionnykh ispytaniy novykh form udobreniy, biopreparatov i regul'yatorov rosta rasteniy / V.G. Sychev, O.A. Shapoval, I.P. Mozharova [i dr.]; pod red. A.A. Zavalina, A.I. Es'kova; Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut agrohimii im. D.N. Pryanishnikova, Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij, konstruktorskij i pro-ektno-tekhnologicheskij institut organicheskikh udobreniy i torfa RASHN. Moskva-Vladimir : Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut agrohimii im. D.N. Pryanishnikova, 2009. 104 s. ISBN 978-5-9238-0086-9. EDN QLAD XV.
 10. Nikitenko G.F. Opytnoe delo v polevodstve. M.: Rossel'hozizdat, 1982. 190 s.
 11. Rukovodstvo po provedeniyu registracionnykh ispytaniy regul'yatorov rosta rasteniy, defoliantov i desikantov v sel'skom hozyajstve: proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie / V.G. Sychev, O.A. Shapoval, I.M. Mozharova i dr. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2016. 216 s.
 12. Sinyashin O.G., Shapoval O.A., Shulaeva M.M. Innovatsionnye regul'yatory rosta rasteniy v sel'skohozyajstvennom proizvodstve // Plodorodie. 2016. № 5 (92). S. 38–42. EDN: WWRVZR.
 13. Smetov D.B., Titova V.I. Vliyaniye sovmestnogo vneseniya mineral'nykh udobreniy i biopreparata bisolbifit na produktivnost' yachmenya // Plodorodie. 2010. № 4 (55). S. 19–21. EDN: MUTULR.
 14. Tychinskaya I.L., Zelenov A.A., Mercalov E.N., Mihal'eva E.S. Vliyaniye preparatov Bioklad i Vermiks na elementy produktivnosti, urozhajnost' i kachestvennye pokazateli yarovogo yachmenya // Zemledelie. 2021. № 4. S. 7–10. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10402. EDN: ONMFYF.

REFERENCES

Поступила в редакцию 12.02.2024
Принята к публикации 26.02.2024

ДЕЙСТВИЕ СИДЕРАТОВ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

Алим Юрьевич Кишев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

ORCID ID: 0000-0003-2838-6876, Scopus ID: 57221335709

Хачим Ахмедович Битов, аспирант

Владимир Сафарбиевич Бжеумыхов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID ID: 0009-0005-3047-8122

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

г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

E-mail: a.kish@mail.ru

Аннотация. Азотный и биологический потенциал почвы в большей степени определяются количеством свежего растительного материала, его химическим составом и характером накопления в течение времени. Исследования по изучению влияния сидерации на агрохимические свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы проводили в 2019–2023 годах в севообороте: сидеральный пар — озимая пшеница — кукуруза на зерно — ячмень. Территория экспериментального участка входит в предгорную континентальную зону умеренно-теплого климата с умеренным увлажнением Кабардино-Балкарской Республики. Почва — чернозем обыкновенный среднесиловый слабосмытый глинистый на карбонатных глинах. Содержание гумуса — 4,6%. Все сидеральные культуры (горох, яровая вика, горчица белая, суданская трава) запаховали в фазе цветения. Объект изучения — районированный для Северо-Кавказского региона среднеспелый сорт озимой пшеницы Алексеич. Приведены результаты качественного анализа растительной массы сидеральных культур с соотношением C:N. Выявлено, что горчица белая характеризуется более узким соотношением углерода к азоту в опыте (11:1), что приводит к повышению биологической активности почвы под агроценозом озимой пшеницы и минерализации органических веществ. Широкое соотношение C:N у суданской травы — 19:1. Установлена обратная корреляционная связь между урожайностью озимой пшеницы и C:N в биомассе сидеральных культур ($r = -0,91785$). Это означает, что чем шире C:N в растительной массе, тем ниже уровень азотного питания и урожайности в первый год сидерации. Показано, что наиболее благоприятный азотный режим чернозема обыкновенного за вегетационный период озимой пшеницы Алексеич в варианте сидерации горохом и горчицей белой, превышение азота в контроле — 17%. По содержанию фосфора и калия в почве агроценоза озимой пшеницы за вегетационный период выделяются варианты сидерации горохом и яровой викой. При сидерации горохом количество фосфора в почве в среднем превышало контроль на 54%, яровой викой — 42%. В вариантах сидерации горохом и яровой викой превышение калия в контроле составило 30,1 и 26,5% соответственно. Сидерация горчицей белой лишь на 4,2% увеличивала содержание фосфора в почве, относительно контрольного варианта, что обусловлено меньшим поступлением этого элемента с растительной массой. В среднем за три года урожайность озимой пшеницы сорта Алексеич с сидерацией горчицей белой увеличилась на 1,29 т/га (24%), горохом и яровой викой — 9 и 6% соответственно относительно контроля. Запаска сидеральных культур увеличивает объем доступного растениям озимой пшеницы азота, который в последующем используется ими при реутилизации азота из листьев в формирующееся семя, что способствует улучшению качества зерна. В вариантах сидерации содержание в зерне азота увеличилось на 2–8%. Максимальный выход белка с урожаем в опыте был при сидерации горчицей белой, превысив контрольные значения на 29%.

Ключевые слова: сидерация, соотношение C:N, озимая пшеница, нитратный азот, калий, фосфор, урожайность, выход белка

THE EFFECT OF GREEN MANURE ON THE AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOIL IN WINTER WHEAT CROPS, YIELD AND GRAIN QUALITY

A.Yu. Kishiev, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Kh.A. Bitov, PhD Student

V.S. Bzheumykhov, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

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

E-mail: a.kish@mail.ru

Abstract. The nitrogen and biological potential of the soil is largely determined by the amount of fresh plant material, its chemical composition and the nature of accumulation over time. Studies on the effect of sideration on the agrochemical properties of the soil, yield and grain quality of winter wheat were conducted during 2019–2023 in the link of crop rotation: sideral steam — winter wheat — corn for grain — barley. The territory of the experimental site is included in the foothill continental zone of a moderately warm climate with moderate humidification of the Kabardino-Balkarian Republic. The soil of the experimental site is ordinary medium-sized slightly washed clay chernozem on carbonate clays. The humus content is 4.6%. All the sideral crops (peas, spring vetch, white mustard, Sudanese grass) were plowed during the flowering phase. The object of research is the medium-ripened winter wheat variety Alekseich, zoned for the North Caucasus region. The results of a qualitative analysis of the plant mass of sideral crops with an assessment of the ratio C:N. It was revealed that the vegetable mass of white mustard is characterized by a narrower ratio of carbon to nitrogen in the experiment (11:1), which leads to an increase in the biological activity of the soil under the agroecocenosis of winter wheat and the mineralization of organic substances. The Sudan grass is characterized by a wide C:N ratio in the experiment (19:1). An inverse correlation was found between the yield of winter wheat and the C:N ratio in the biomass of sideral crops ($r = -0.91785$), which means that the wider the C:N ratio in the plant mass of sideral crops entering the soil, the lower the level of nitrogen nutrition and yield in the first year of sideration. It is shown that the most favorable nitrogen regime of ordinary chernozem during the growing season of winter wheat Alekseich is characterized by variants of sideration with peas and white mustard: the excess nitrogen content of the control variant is 17%. According to the quantitative content of phosphorus and potas-

sium in the soil of the agroecosystem of winter wheat during the growing season, the variants of sideration with peas and spring vetch are distinguished. In the pea sideration variant, the phosphorus content in the soil on average exceeded its content in the soil of the control variant by 54%, and in the spring vetch sideration variant by 42%. According to the potassium content in the pea and spring vetch sider variants, the excess potassium content in the control variant was 30.1 and 26.5%, respectively. White mustard sideration increased the phosphorus content in the soil by only 4.2% relative to the control variant, due to a lower intake of this element from the plant mass. On average, over three years, the yield of winter wheat of the Alekseich variety in the white mustard sider variant increased by 1.29 t/ha or 24%, with pea and spring vetch sider by 9 and 6%, respectively, relative to the control variant. The plowing of sideral crops increases the amount of nitrogen available to winter wheat plants, which is subsequently used by them in the reutilization of nitrogen from the leaves into the forming seeds, which improves grain quality. On average, over three years, the yield of winter wheat of the Alekseich variety in the white mustard sider variant increased by 1.29 t/ha or 24%, with pea and spring vetch sider by 9 and 6%, respectively, relative to the control variant. In the sider variants, the nitrogen content in the grain increased by 2–8%. The option of white mustard sideration provided the maximum yield of protein with a harvest in the experiment, exceeding the control values by 29%.

Keywords: sideration, ratio C:N, winter wheat, nitrate nitrogen, potassium, phosphorus, yield, protein yield

Один из ключевых способов регулирования баланса гумуса в агроценозах — повышение содержания азота в почве, сокращение непродуктивных потерь питательных элементов и улучшение физических свойств почвы. Многие исследователи и специалисты в области сельского хозяйства считают, что этого можно достигнуть, применяя сидераты как самостоятельно, так и в сочетании с соломой. [3, 6, 10–12]

Ключевой фактор, определяющий средний уровень урожая — степень обеспеченности растений азотом. Особенно значимая роль у азота в агроценозах при возделывании сельскохозяйственных культур, которые отличаются по химическому составу, скорости разложения биомассы и технологии возделывания. [5, 7, 9] Постепенное накопление азота в почвах помогает развивать почвенное плодородие. Потребность растений в азоте сильнее, чем в других питательных элементах.

Азотный и биологический потенциал почвы во многом определяется количеством свежего растительного материала, его химическим составом и характером накопления в течение времени. Существенный вклад в увеличение содержания азота в почве вносят сидеральные культуры, пожнивные посевы, заплата соломы и других послеуборочных остатков, а также включение в севооборот однолетних и многолетних бобовых. [2]

Когда сидерат в севообороте, его действие всегда налагается на последствие других органических и минеральных удобрений. Сидерацию следует рассматривать не как альтернативу другим видам удобрений, а как дополнительный источник биологического азота и эффективное средство для увеличения содержания органических веществ.

Соотношение углерода к азоту в растениях сидеральных культур — важный показатель в оценке влияния сидерации на процессы минерализации и гумусонакопления. При узком соотношении углерода к азоту растительной массы сидератов органическое вещество более интенсивно подвергается микробиологическому распаду, а при широком — замедляются процессы минерализации. [1]

Для разработки эффективных методов использования сидератов в качестве накопителей гумуса и регулирования процесса гумификации—минерализации важно обладать информацией о составе и свойствах почвы, гидротермическом режиме, биологической активности, а также химическом составе сидеральных культур и соотношении в них углерода к азоту. [4, 8] Его можно регулировать путем изменения времени роста и вегетации сидератов, их видовым составом.

Цель работы — изучить влияние сидерации на агрохимические свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019–2023 годах. Севооборот: сидеральный пар — озимая пшеница — кукуруза на зерно — ячмень. Территория экспериментального участка входит в предгорную континентальную зону умеренно-теплого климата с умеренным увлажнением Кабардино-Балкарской Республики. Сумма положительных температур за активную вегетацию растений составляет 3057°C. Среднегодовая сумма осадков — 484 мм, большая часть (около 363 мм) выпадает за активную вегетацию (максимальное в мае–июне). Почва — чернозем обыкновенный среднесильный слабосмытый глинистый на карбонатных глинах. Содержание гумуса — 4,6%. Все сидеральные культуры (горох, яровая вика, горчица белая, суданская трава) запахиляли в фазе цветения.

Объект изучения — районированный для Северо-Кавказского региона среднеспелый сорт озимой пшеницы *Алексейч*. Учет и наблюдения в опыте осуществляли по методике Б.А. Доспехова. Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур общепринятая. Площадь делянки общая — 105 м², учетная — 34 м². Повторность четырехкратная. Расположение делянок систематическое. В почвенных образцах определяли нитратный азот (N-NO₃) по ГОСТ Р 53219-2008, подвижный фосфор (P₂O₅) и обменный калий (K₂O) по Мачигину.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Разложение биомассы сидеральных культур представляет собой окислительно-восстановительный процесс, в результате которого освобождаются различные химические элементы. Интенсивность этого процесса в значительной степени зависит от качественного состава биомассы, прежде всего от соотношения углерода к азоту. Анализ надземной части сидеральных растений выявил, что растительная масса горчицы белой характеризуется более узким соотношением этих элементов в опыте, что приводит к повышению биологической активности почвы под агроценозом озимой пшеницы и минерализации органических веществ. [1] Содержание углерода в горохе максимально высокое, но повышенное содержание азота в надземной части растений обеспечило узкое соотношение C:N. Широкое соотношение C:N у суданской травы.

Более узкое соотношение C:N приводит к минерализации азотных соединений, то есть качественный (элементный) и количественный состав биомассы горчицы белой, гороха и яровой вики способствует ускорению минерализации свежего органического вещества при заплатах этих культур. Слишком большое содер-

Таблица 1.

**Качественная характеристика биомассы
сидеральных растений, 2019 год**

Вариант	Надземная часть			Корни		
	содержание, %		соотношение C:N	содержание, %		соотношение C:N
	C	N		C	N	
Горох	48	4,16	12:1	41	2,63	16:1
Горчица белая	42	3,84	11:1	45	2,28	20:1
Яровая вика	44	3,51	13:1	41	2,44	17:1
Суданская трава	46	2,43	19:1	38	1,76	22:1

жание углерода в сидератах с широким соотношением C:N усиливает процессы иммобилизации азота, способствует быстрому размножению микроорганизмов и усвоению значительной части минерального азота. Важно отметить, что биомасса сидеральных культур не успевает полностью разложиться ко времени посева озимой культуры, что приводит к недостаточному высвобождению азота (табл. 1). Корреляционный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы и качественного состава сидеральных культур выявил обратную корреляционную связь между урожайностью озимой пшеницы и соотношением C:N в биомассе сидеральных культур ($r = -0,91785$). Чем шире C:N в растительной массе сидеральных культур, поступающих в почву, тем ниже уровень азотного питания и урожайности в первый год сидерации.

Из данных таблицы 2 видно, что содержание нитратных форм азота осенью перед посевом озимой пшеницы меньше в варианте сидерации суданской травой. При осеннем определении азотный режим был лучшим с горчицей белой. Обеспеченность почвы азотом в вариантах с горохом и яровой викой была близкой между собой. При определении содержания в почве нитратного азота весной наблюдали повышение его в варианте сидерации горохом и уменьшение с горчицей белой. Наиболее благоприятным азотным режимом чернозема обыкновенного за вегетационный период сорта *Алексеич* характеризовались варианты с горохом и горчицей белой. Азотный режим в варианте сидерации суданской травой был худшим.

Кроме азота, заделываемая биомасса сидеральных культур обеспечивает калием и фосфором в легкодоступной для сельскохозяйственных растений форме, что делает их эффективнее минеральных удобрений уже в первый год использования. Темпы образования доступных форм фосфора и калия в почве при заделке сидеральной массы превышают скорость, с которой эти элементы поглощаются растениями озимой пше-

ницы, что приводит к их накоплению в почве (табл. 2). По количественному содержанию фосфора и калия в почве агроценоза озимой пшеницы за вегетацию выделяются варианты сидерации горохом и яровой викой. В варианте с горохом содержание фосфора в почве в среднем превышало контроль на 54%, с яровой викой — 42%. В вариантах сидерации горохом и яровой викой превышение содержания калия в контрольном варианте составило 30,1 и 26,5% соответственно. Сидерация горчицей белой лишь на 4,2% увеличивала количество фосфора в почве относительно контроля, что обусловлено меньшим поступлением этого элемента с растительной массой. Из-за более медленного процесса минерализации растительных остатков горчицы белой и суданской травы по содержанию калия в почве эти варианты уступали гороху и яровой вике.

Как отмечают А.А. Завалин, О.А. Соколов условия питания растений влияют не только на количество, но и качество продукции растениеводства. Содержание белков в урожае — важнейший показатель для зерновых, зернобобовых и крупяных культур. Эффективный синтез и накопление белков в растениях зависят от множества факторов, но главный — объем и качество азотистой пищи, поступающей через корни. [5] Уменьшение использования минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве стимулирует поиск новых дополнительных источников азотного питания для растений. Запашка сидеральных культур увеличивает объем доступного растениям озимой пшеницы азота, который в последующем применяют при реутилизации азота из листьев в формирующиеся семена, что способствует улучшению качества зерна.

По результатам наших исследований, действие сидератов было эффективным в повышении урожайности озимой пшеницы. В среднем за три года урожайность сорта *Алексеич* в варианте сидерации горчицей белой увеличилась на 1,29 т/га (24%), горохом и яровой викой — 9 и 6% соответственно относительно контроля (табл. 3). Сидерация суданской травой приводила к снижению урожайности сорта *Алексеич* на 0,02 т/га. В вариантах сидерации содержание азота в зерне увеличилось на 2...8%, с горчицей белой был максимальный выход белка с урожаем, превысивший контрольные значения на 29%.

Выводы. В биологизированном севообороте обеспеченность культуры основными элементами питания зависит от объема и состава поступающего в почву свежего органического вещества. Эффективность действия сидератов определяется соотношением C:N в растительной массе сидеральных культур. Чем шире C:N, тем ниже уровень азотного питания и урожайности в первый год сидерации. Урожайность озимой

Таблица 2.

Агрохимическая характеристика почвы агроценоза озимой пшеницы *Алексеич* в слое 0...40 см, 2019–2022 годы

Вариант	N-NO ₃ , мг/кг почвы				P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы				K ₂ O, мг/100 г почвы			
	посев	BBB	уборка	среднее за вегетацию	посев	BBB	уборка	среднее за вегетацию	посев	BBB	уборка	среднее за вегетацию
Контроль	18,6	19,2	10,4	16,1	2,1	2,7	2,4	2,4	21,3	21,8	22,7	21,9
Горох	21,4	22,5	12,5	18,8	3,2	4,1	3,7	3,7	26,4	26,7	32,5	28,5
Горчица белая	22,6	21,9	12,1	18,9	2,8	3,2	2,5	2,8	24,9	24,5	29,4	26,3
Яровая вика	21,6	17,3	11,7	16,7	3,1	3,8	3,3	3,4	27,3	27,1	28,6	27,7
Суданская трава	20,8	17,0	11,3	16,4	3,0	3,6	3,0	3,2	22,1	23,4	22,8	22,8

Таблица 3.
Урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта *Алексейч*
в зависимости от сидеральной культуры, 2020–2022 годы

Вариант	Урожай- ность, т/га	Прибавка		Содержание в зерне, %			Выход белка, т/га
		т/га	%	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	5,32	–	100	2,41	0,76	0,54	0,63
Горох	5,82	0,50	109	2,60	0,78	0,52	0,74
Яровая вика	5,69	0,37	107	2,55	0,81	0,53	0,71
Горчица белая	6,61	1,29	124	2,51	0,84	0,58	0,81
Суданская трава	5,30	-0,02	99,6	2,46	0,80	0,54	0,64
НСР ₀₅	0,26						
Ошибка опыта, %	1,46						

пшеницы в среднем за три года в варианте с горчицей белой увеличилась на 24%, горохом и яровой викой — 9 и 6% соответственно относительно контроля. Выход белка с урожаем в варианте сидерации горчицей белой превысил контрольные значения на 29%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Битов Х.А., Бжеумыхов В.С. Влияние сидеральных культур на ферментативную активность почвы // Вестник аграрной науки. 2023. № 2 (101). С. 6–12. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.6
2. Гамзиков Г.П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотных удобрений в севооборотах // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 8–14. DOI: 10.25680/S19948603.2018.100.01
3. Дедов А.А., Несмеянова М.А., Дедов А.В. Влияние темпов разложения растительных остатков на лабильное органическое вещество почвы и урожайность культур севооборота // Земледелие. 2017. № 4. С. 6–9.
4. Ермакова Л.И. Эффективность поукосных сидератов при возделывании озимой пшеницы в полевом севообороте // Владимирский земледелец. 2019. № 3. С. 24–27. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10075
5. Завалин А.А., Соколов О.А. Азот и качество зерна пшеницы // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 14–17. DOI: 10.25680/S19948603.2018.100.03
6. Зеленев А.В., Семинченко Е.В. Биологизированные приемы повышения плодородия почвы в органическом земледелии Нижнего Поволжья // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 4–6.
7. Лапшинов Н.А., Пакуль А.Л., Божанова Г.В. и др. Содержание нитратного азота в паровом поле при различных системах обработки почвы // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 10 (41). С. 36–39. DOI: 10.18454/IRJ.2015.41.070
8. Семинченко Е.В. Баланс гумуса, элементов питания и продуктивность биологизированных севооборотов Нижнего Поволжья // Пермский аграрный вестник. 2018. № 2 (22). С. 89–94.
9. Синешчеков В.Е., Ткаченко Г.И. Содержание нитратного азота в почве и продуктивность зерновых культур при длительной минимизации основной обработки по разным предшественникам // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 3. С. 59–66. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-59-66

10. Турусов В.И., Гармашов В.М., Абанина О.А. и др. Сидеральный пар как прием повышения плодородия почвы и продуктивности озимой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3-3 (45). С. 125–126.
11. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В. и др. Роль пожнивно-корневых остатков в восстановлении плодородия почвы // Плодородие. 2020. № 4. С. 10–12.
12. Усенко В.И., Усенко С.В., Олешко В.П. и др. Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации // Земледелие. 2018. № 8. С. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10809

REFERENCES

1. Bitov H.A., Bzheumykhov V.S. Vliyanie sidental'nykh kul'tur na fermentativnyuyu aktivnost' pochvy // Vestnik agrarnoy nauki. 2023. № 2 (101). S. 6–12. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.6
2. Gamzikov G.P. Pochvennaya diagnostika azotnogo pitaniya rastenij i primeneniya azotnykh udobrenij v sevooborotah // Plodorodie. 2018. № 1 (100). S. 8–14. DOI: 10.25680/S19948603.2018.100.01
3. Dedov A.A., Nesmeyanova M.A., Dedov A.V. Vliyanie tem-pov razlozheniya rastitel'nykh ostatkov na labil'noe organicheskoe veshchestvo pochvy i urozhajnost' kul'tur sevooborota // Zemledelie. 2017. № 4. S. 6–9.
4. Ermakova L.I. Effektivnost' poukosnykh sideratov pri vozdeleyvanii ozimoy pshenicy v polevom sevooborote // Vladimirskij zemledec. 2019. № 3. S. 24–27. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10075
5. Zavalin A.A., Sokolov O.A. Azot i kachestvo zerna pshenicy // Plodorodie. 2018. № 1 (100). S. 14–17. DOI: 10.25680/S19948603.2018.100.03
6. Zelenev A.V., Seminchenko E.V. Biologizirovannye priemy povysheniya plodorodiya pochvy v organicheskom zemledelii Nizhnego Povolzh'ya // Vestnik Kurganskoy GSHA. 2019. № 1 (29). S. 4–6.
7. Lapshinov N.A., Pakul' A.L., Bozhanova G.V. i dr. Soderzhanie nitratnogo azota v parovom pole pri razlichnykh sistemah obrabotki pochvy // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 10 (41). S. 36–39. DOI: 10.18454/IRJ.2015.41.070
8. Seminchenko E.V. Balans gumusa, elementov pitaniya i produktivnost' biologizirovannykh sevooborotov Nizhnego Povolzh'ya // Permskij agrarnyj vestnik. 2018. № 2 (22). S. 89–94.
9. Sineshchekov V.E., Tkachenko G.I. Soderzhanie nitratnogo azota v pochve i produktivnost' zernovykh kul'tur pri dlitel'noj minimizacii osnovnoj obrabotki po raznym predshestvennikam // Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet). 2019. № 3. S. 59–66. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-59-66
10. Turusov V.I., Garmashov V.M., Abanina O.A. i dr. Sideral'nyj par kak priem povysheniya plodorodiya pochvy i produktivnosti ozimoy pshenicy // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. № 3-3 (45). S. 125–126.
11. Turusov V.I., Bogatyh O.A., Dronova N.V. i dr. Rol' pozhnivno-kornevykh ostatkov v vosstanovlenii plodorodiya pochvy // Plodorodie. 2020. № 4. S. 10–12.
12. Usenko V.I., Usenko S.V., Oleshko V.P. i dr. Produktivnost' agrocnovozov i kachestvo zerna pshenicy v zavisimosti ot obrabotki pochvy i sredstv intensivkacii // Zemledelie. 2018. № 8. S. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10809

Поступила в редакцию 01.03.2024
Принята к публикации 15.03.2024

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ СОРТА ГЕОРГИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НИТРАГИНА КМ, СП И ОРГАНИТА N, Ж

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

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

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

E-mail: podvyaze@bk.ru

Аннотация. Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве — одно из направлений биологизации, основанное на современных достижениях науки. Их используют для увеличения урожая, улучшения его качества, обеспечения доходности возделываемых культур и экологичности. Представлены результаты двухлетних исследований по оценке хозяйственной эффективности биопрепаратов на сое сорта Георгия в условиях Рязанской области. Установлено, что применение Нитрагина КМ, СП — 0,08 кг/га нормы семян и Органита N, Ж — 2,0 л/га способствовало повышению урожайности на 2,9–29,9%. Получен условно чистый доход от 2400 до 24461 руб./га.

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

PRODUCTIVITY OF SOYBEAN VARIETY GEORGIA USING NITRAGIN KM, SP AND ORGANIT N, ZH

M.N. Zakharova, Senior Researcher

L.V. Rozhkova, Researcher

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

E-mail: podvyaze@bk.ru

Abstract. The use of microbiological preparations in agriculture is one of the areas of biologization, based on the modern achievement of science. These preparations are used to increase the yield, improve its quality, ensure the profitability of cultivated crops and their environmental friendliness. The article presents the results of two-year studies to assess the economic efficiency of biological preparations on soybeans of the Georgy variety in the conditions of the Ryazan region. It was found that the use of Nitragine KM, SP — 0.08 kg/ha seed rate and Organite N, F — 2.0 l/ha contributed to an increase in yield by 2.9–29.9%. A conditional net income of 2400 to 24461 rubles per hectare was received.

Keywords: soybean, inoculant, biological preparation, nodules, disinfectant, yield, technology

Управление развитием растений при помощи регуляторов роста актуально в связи с тем, что они повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям при минимальных затратах.

Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве — одно из направлений биологизации, основанное на современных достижениях науки. [1, 10] Их используют для увеличения урожая, улучшения его качества, обеспечения доходности возделываемых культур и экологичности. [3, 4, 12]

Современные технологии должны включать экологически безопасные стимуляторы роста, микроэлементы, повышающие урожайность, устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды и снижающие техногенную нагрузку на почву. [6, 11]

Для того, чтобы обеспечить наличие активных клубеньков, необходимо бобовые растения перед посевом заражать бактериальным удобрительным препаратом, состоящим из нескольких рас клубеньковых бактерий, он получил название Нитрагин. [6, 8]

Бактериальный препарат Нитрагин КМ, СП — удобрение для бобовых растительных культур, не содержит стандартных питательных веществ. Действующие элементы — почвенные микроорганизмы, которые при попадании в грунт улучшают питание корневой системы и усиливают биоклиматические процессы. На корнях фор-

мируются особые клубеньки, развиваясь в них, бактерии связывают атмосферный азот, содействуя его эффективному усвоению растениями. Препарат способствует накоплению азота в почве, повышает содержание белка в урожае, урожайность бобовых культур, азот равномерно распределяется во всех фазах развития растений. [7]

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

Современное сельскохозяйственное производство должно быть направлено на сохранение и воспроизводство плодородия почвы, требуется постоянно поддерживать баланс питательных веществ, осуществлять возврат минеральных элементов, вынесенных урожаем. Оптимальное использование удобрений в технологиях возможно лишь при их рациональном сочетании с комплексом биологических препаратов. [2]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Испытание препаратов проводили в 2022–2023 годах на опытном поле института ИСА — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Объект исследования — сорт сои *География* селекции ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, инокулянт Нитрагин КМ, СП, биологический препарат Органит N, Ж, фунгицидный протравитель Тирада, СК, инсектицидный протравитель Табу, ВСК.

Почва — темно-серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса — 3,9%, подвижного калия — 121 мг/кг, подвижного фосфора — 206 мг/кг, pH — 4,81. Предшественник — озимая пшеница. Норма высева — 0,8 млн всх. сем./га. Площадь опытной делянки — 50 м², повторность четырехкратная, учетная площадь — 10 м². Схема опыта: 1. Контроль (без обработки), 2. Нитрагин КМ, СП — 0,08 кг/га норму семян (обработка семян перед посевом), 3. Нитрагин КМ, СП — 0,08 кг/га норму семян + Органит N, Ж — 1,5 л/т — (обработка семян) + Органит N, Ж — 2,0 л/га — (обработка в фазе ветвления) + Органит N, Ж — 2,0 л/га — (бутонизация), 4. Тирада, СК — 2,0 л/т + Табу, ВСК — 1,0 л/т + Нитрагин КМ, СП — 0,08 кг/га (обработка семян перед посевом) + Органит N, Ж — 2,0 л/га — (ветвление) + Органит N, Ж — 2,0 л/га — (бутонизация). Агротехника общепринятая для возделывания культуры в Рязанской области. Обработку семян перед посевом проводят согласно регламентам работы с инокулянтами. В течение вегетационного периода сделаны наблюдения по фазам развития культуры. В исследованиях использовали общепринятые методики. [5, 9]

Учитывали клубеньки и их массу в динамике от образования третьего тройчатого листа до фазы плодообразования, через 10...15 дн. методом отбора монолитов почвы с корнями и надземной биомассой растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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

В 2023 году температура мая ненамного превысила среднеемноголетнюю (на 3,3°C), но присутствовал дефицит осадков (ниже среднеемноголетней нормы на 31,1 мм). В июне среднесуточная температура незначительно превысила среднеемноголетнюю. В I и II декадах месяца был дефицит осадков, на 13,8 и 17,2 мм ниже нормы, в III (31,5 мм) выше на 11,5 мм, но за месяц наблюдали дефицит в 19,5 мм (табл. 1). Июль отличился обилием осадков, превышение среднеемноголетней нормы на 18,4 мм, температура — на 2,4°C. Август был жарким и сухим. Дефицит осадков — 32,4 мм, температурный режим превышал среднеемноголетний

Таблица 1.
Полевая всхожесть и сохранность растений сои сорта *География*, 2022–2023 годы

Вариант	Всхожесть, %		Сохранность к уборке растений, %
	лабораторная	полевая	
1. Контроль	92,7	86,0	78,9
2. Инокулянт	92,5	88,0	88,5
3. Инокулянт + биологический препарат	86,1	82,0	90,9
4. Химические протравители + инокулянт + биологический препарат	91,5	88,0	94,2

Таблица 2.
Высота растений сои сорта *География* по фазам развития в зависимости от обработок, 2022–2023 годы, см

Вариант	Фаза развития		
	ветвление	цветение	образование бобов
1. Контроль	41	54	67
2. Инокулянт	37	52	66
3. Инокулянт + биологический препарат	39	57	63
4. Химические протравители + инокулянт + биологический препарат	42	54	80

Таблица 3.
Площадь листовой поверхности растений сои сорта *География* в зависимости от обработок, 2022–2023 годы

Вариант	Площадь листьев, см ² /раст. по фазам вегетации		
	цветение	образование бобов	налив семян
1. Контроль	235	237	176
2. Инокулянт	201	336	298
3. Инокулянт + биологический препарат	343	375	356
4. Химические протравители + инокулянт + биологический препарат	342	284	261

показатель на 5,7°C. Таким же теплым и сухим был сентябрь. Температура выше среднеемноголетней на 6,6°C, осадков меньше нормы на 30,1 мм.

Лабораторная и полевая всхожести семян сои только в варианте 3 были на 6,6% меньше контроля. Все препараты показали высокую сохранность растений к уборке — 88,5...94,2% (табл. 1).

К фазе образования бобов наблюдали наибольшую высоту растений с применением химических протравителей и биологических препаратов — 80 см, что выше контроля на 13 см. В других вариантах существенных различий не было (табл. 2).

До фазы образования бобов наиболее активно площадь листьев увеличивалась в вариантах 2, 4, 6, в 3 и 5 прирост был невелик, по сравнению с фазой цветения. К фазе налива семян началось снижение площади листовой поверхности растений по всем вариантам,

Таблица 4.

Количество и масса клубеньков на корнях растений сои сорта *География* в зависимости от обработок, 2022–2023 годы

Вариант	Количество клубеньков, шт./раст.			Масса сырых клубеньков, г/раст.		
	ветвление	цветение	образование бобов	ветвление	цветение	образование бобов
1. Контроль	10	19	31	0,1	0,4	0,8
2. Инокулянт	21	34	26	0,2	0,4	0,7
3. Инокулянт + биологический препарат	19	25	46	0,2	0,5	0,8
4. Химические протравители + инокулянт + биологический препарат	27	32	29	0,3	0,6	0,7

Таблица 5.

Влияние элементов технологии на урожайность сои сорта *География*, сбор белка и жира, в среднем за 2022–2023 годы

Вариант	Урожайность, т/га	± к контролю, т/га	Превышение над, %		Содержание белка		Сбор белка, т/га	Содержание масла		Сбор масла, т/га
			контролем	вариантом 2	%	± к контролю		%	± к контролю	
1. Контроль	2,78	–	100	–	38,2	–	0,91	22,0	–	0,52
2. Инокулянт	2,86	0,08	102,9	100	38,5	0,3	0,95	21,8	–0,2	0,53
3. Инокулянт + биологический препарат	3,31	0,52	119,1	115,7	38,3	0,1	1,1	21,7	–0,3	0,61
4. Химические протравители + инокулянт + биологический препарат	3,61	0,83	129,9	126,2	38,0	–0,2	1,18	21,9	–0,1	0,67
НСР ₀₅	0,16 т/га									

наиболее плавно в вариантах 2, 4, 6 из-за продолжительного периода роста листьев. Наибольшая площадь листовой поверхности в фазе цветения сои была в вариантах 3 и 4 – выше контроля на 45,6 и 45,5% соответственно. Площадь листьев в фазе налива семян относительно фазы образования бобов снизилась на 5,3...12,8%, в контроле – на 34,7%. Таким образом, применяемые препараты в технологии возделывания сои способствовали увеличению продолжительности работы листового аппарата. Дольше всего сохранялась листовая поверхность в вариантах 2 и 3 (табл. 3).

Предпосевная обработка семян и внекорневое применение изучаемых препаратов по-разному влияли на формирование симбиотического аппарата сои (табл. 4).

На корнях растений в контроле к фазе ветвления образовалось клубеньков в среднем 10 шт./раст., в изучаемых вариантах их было в два-три раза больше. Максимальное их количество отмечено в вариантах 2, 4 – 21 и 27 шт./раст. К фазе образования бобов продолжали формироваться клубеньки в контроле – 31 шт./раст. и варианте 3 – 46. Из-за засушливых условий июня масса сырых клубеньков была невысокой, не имела преимуществ над контрольным вариантом.

По результатам двухлетних испытаний выявлено, что каждый из изучаемых вариантов обработки позитивно повлиял на рост и развитие сои, получены достоверные прибавки урожая (табл. 5). Увеличение урожайности произошло на 2,9...29,9%. Самый результативный по показателям урожайности вариант 4 (химические протравители + бактериальный препарат + микробиологический препарат) и вариант 3 (инокулянт + биологический препарат). Наибольшая урожайность была в варианте 4 – 3,61 т/га, это выше контрольного на 29,9%, в варианте 3 – 3,31 т/га, превышение над контрольным – 19,1%, при урожайности в контроле – 2,78 т/га. С использованием препаратов сбор белка – 0,91...1,18 т/га, масла – 0,52...0,67 т/га.

Масса 1000 семян с растения в вариантах 2 и 4 выросла на 1,6...2,9 г, количество бобов, семян с растения значимо увеличилось в варианте 3 (табл. 6).

Во всех вариантах получен условно чистый доход на дополнительный урожай, наибольший по расчету был 4 (табл. 7).

Стоимость 1 т семян сои – 35000 руб., 1 л, кг препаратов: Нитрагин КМ, СП – 5000 руб., Органит N, Ж – 700 руб., АпаСил, П – 4120 руб., Тирада, СК – 1890 руб., Табу, ВСК – 6750 руб.

Выводы. Двухгодичные исследования позволяют рекомендовать при выращивании сои сорта *География* в условиях Рязанской области изучаемые биологические препараты, как элементы технологии. Наиболее результативным оказался вариант 4, который увеличивает урожайность на 29,9%. В работе показана нецелесообразность возделывания сои в регионе без инокулянтов и биологических препаратов.

Таблица 6.

Влияние элементов технологии на формирование элементов структуры урожая сои сорта *География*, 2022–2023 годы

Вариант	Количество, шт.		Масса, г	
	бобов на растения	семян с одного растения	семян с одного растения	1000 семян
1. Контроль	18,1	40,3	6,9	146,2
2. Инокулянт	17,1	48,1	7,5	147,8
3. Инокулянт + биологический препарат	20,4	53,4	8,7	146,2
4. Химические протравители + инокулянт + биологический препарат	18,6	42,9	7,5	149,1

Таблица 7.

Экономическая эффективность применения элементов технологии на сое сорта *Геоorgia*, 2022–2023 годы

Вариант	Затраты на пестициды, руб./га	Урожайность, т/га	Дополнительный урожай, т/га	Стоимость дополнительного урожая, руб.	Условно чистый доход, руб./га
1. Контроль	–	2,78	–	–	–
2. Инокулянт	400	2,86	0,08	2800	2400
3. Инокулянт + биологический препарат	3326	3,31	0,52	18200	14874
4. Химические протравители + инокулянт + биологический препарат	4589	3,61	0,83	29050	24461

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. АгроЭкспертГрупп. Соя. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agroex.ru> (Дата обращения 29.01.2024).
2. Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка действия препарата ЭПИВИО на рост и продуктивность сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2. С. 77–79.
3. Бойко Ю.Ю. Тенденция научного обеспечения производства сои в России. Сборник материалов X Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов 26–27 февраля, ВНИИМК, 2019. 254 с.
4. Гуреева Е.В. Влияние метеорологических условий на хозяйственно ценные признаки сои // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 28–29.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 185 с.
6. Захарова М.Н., Рожкова Л.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Влияние элементов технологии на урожайность сои сорта Геоorgia в Рязанской области // Вестник РСХА. 2023. № 5. С. 18–21.
7. Инструкция по применению Нитрогина. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dachamechty.site/udobreniya/nitragin.html> (Дата обращения 29.01.2024).
8. Поступление и превращение азота в растениях. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://knowledge.allbest.ru> (Дата обращения 30.01.2024).
9. Руководство по проведению регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание / В.Г. Сычев, О.А. Шаповал, И.М. Можарова и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 216 с.
10. Сабирова Е.П., Сабиров Р.А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3. С. 18–22.
11. Синишин О.Г. Шаповал О.А., Шулиева М.М. Инновационные регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве // Плодородие. 2016. № 5. С. 38–42.
12. Сихарулидзе Т.Д., Храмой В.К., Гуреева Е.В. Влияние минеральных удобрений на формирование симбиотического аппарата и усвоение азота из воздуха соей в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Масличные культуры. 2016. № 3. С. 48–52.

REFERENCES

1. AgroEkspertGrupp. Soya. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://agroex.ru> (Data obrashcheniya 29.01.2024).
2. Andreev A.A., Dracheva M.K. Ocenka dejstviya preparata EPIVIO na rost i produktivnost' soi // Zernobobovye i krupnyanye kul'tury. 2019. № 2. S. 77–79.
3. Bojko Yu.Yu. Tendenciya nauchnogo obespecheniya proizvodstva soi v Rossii. Sbornik materialov X Vserossijskoj konferencii molodyh uchenyh i specialistov 26–27 fevralya, VNIIMK, 2019. 254 s.
4. Gureeva E.V. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na hoz'yajstvenno cennye priznaki soi // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 6. S. 28–29.
5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agopromizdat, 1985. 185 s.
6. Zaharova M.N., Rozhkova L.V., Svirina V.A., Chernogaev V.G. Vliyanie elementov tekhnologii na urozhajnost' soi sorta Georgiya v Ryazanskoj oblasti // Vestnik RSHA. 2023. № 5. S. 18–21.
7. Instrukciya po primeneniyu Nitrogina. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://dachamechty.site/udobreniya/nitragin.html> (Data obrashcheniya 29.01.2024).
8. Postuplenie i prevrashchenie azota v rasteniyah. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://knowledge.allbest.ru> (Data obrashcheniya 30.01.2024).
9. Rukovodstvo po provedeniyu registracionnyh ispytaniy regul'yatorov rosta rastenij, defoliantov i desikantov v sel'skom hoz'yajstve: proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie / V.G. Sychev, O.A. Shapoval, I.M. Mozharova i dr. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2016. 216 s.
10. Sabirova E.P., Sabirov R.A. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2018. № 3. S. 18–22.
11. Sinishin O.G. Shapoval O.A., Shulieva M.M. Innovacionnye regul'yatory rosta rastenij v sel'skohozyajstvennom proizvodstve // Plodorodie. 2016. № 5. S. 38–42.
12. Siharulidze T.D., Hramoj V.K., Gureeva E.V. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na formirovanie simbioticheskogo apparata i usvoenie azota iz vozduha soej v usloviyah Central'nogo rajona Nечерноземной зоны // Maslichnye kul'tury. 2016. № 3. S. 48–52.

Поступила в редакцию 04.03.2024

Принята к публикации 18.03.2024

ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ СОИ СОРТА *КИТРОССА* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМИРОВАНИЯ РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ

Анна Николаевна Лёвина

ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Россия
E-mail: lan@vniisoi.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения продуктивности растений среднеспелого сорта сои Китросса в зависимости от формирования репродуктивных органов в течение вегетационного периода при двух сроках посева — 20 и 25 мая. Исследования проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в 2021–2023 годах. Установлено, что наибольшее количество репродуктивных органов образовалось при первом сроке посева, количество цветков на растениях было больше на 41 шт./раст., завязей бобов — 21, бобов — 3 шт./раст., по сравнению с растениями второго срока посева. Наибольшая абортивность выявлена среди цветков при сроке посева 25 мая (51,1%), при посеве 20 мая она была меньше на 10,8%. Опадение бобов при посеве 20 мая — 15,4%, 25 мая — 18,2%. Наименьшая абортивность семян в бобах при посеве 20 мая. В результате установлена тенденция повышения продуктивности растений сои сорта Китросса на 0,94 г/раст. при посеве 20 мая, относительно этого показателя для варианта со сроком посева 25 мая. Выявлена тесная корреляционная связь продуктивности растений с количеством сформированных семян. Коэффициенты корреляции составляли от 0,74 до 0,99 ($r_{\text{крит.}} = 0,57$) в зависимости от срока посева. По изучаемым показателям формирования и абортивности репродуктивных органов, а также продуктивности семян благоприятные условия для растений были при сроке посева 20 мая.

Ключевые слова: соя, репродуктивные органы, сорт, срок посева, продуктивность, абортивность

PRODUCTIVITY OF THE *KITROSSA* SOYBEAN VARIETY DEPENDS ON REPRODUCTIVE ORGANS FORMATION

A.N. Levina

Federal Scientific Center “All-Russian Research Institute of Soybeans”, Blagoveshchensk, Russia
E-mail: lan@vniisoi.ru

Abstract. The research was carried out under the conditions of a growing experiment in the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Soybeans with the mid-season soybean variety Kitrossa. In 2021–2023, plant productivity was studied depending on the formation of reproductive organs during the growing season at two sowing dates — May 20 and May 25. It was found that the largest number of reproductive organs was formed at the sowing date of May 20, the number of flowers on plants was 41 more per plant, the number of bean ovaries was greater by 21, and the number of beans was 3 more per plant compared to plants with the sowing date May 25. The highest abortion rate was detected among flowers when sowing on May 25 (51,1%), when sowing on May 20 it was 10,8% less. The fall of beans when sowing on May 20 was 15,4%, in plants with the sowing date of May 25 — 18,2%. The lowest abortivity of seeds in beans was detected when sowing on May 20, which had a positive effect on the productivity value. As a result, a tendency was established to increase the productivity of Kitrossa soybean plants by 0,94 g/plant. when sowing on May 20 relative to this indicator for the option with a sowing date of May 25. A close correlation between plant productivity and quantity was revealed. Correlation coefficients ranged from 0,74 to 0,99 ($r_{\text{crit.}} = 0,57$) depending on the sowing period. According to the studied indicators of the formation and abortion of reproductive organs, as well as seed productivity, favorable conditions for plants were at the sowing date of May 20.

Keywords: soybean, reproductive organs, variety, sowing period, productivity, abortion rate

Один из агроприемов, направленных на повышение урожая зерна сои, — правильный выбор оптимального срока посева, который должен соответствовать биологическим особенностям не только культуры, но и сорта. У поздне- и среднеспелых сортов при затягивании сроков посева процесс формирования семян проходит при пониженных температурах, что сдвигает период налива семян и снижает урожай. [8] Для выведения более скороспелых и высокопродуктивных сортов сои необходимо совершенствовать приемы возделывания этой культуры с учетом агроклиматических условий региона. [9] Отношение растений сои к продолжительности светового дня — один из основных признаков создания сортов, подходящих к определенному географическому району выращивания. Под контролем фотопериодической регуляции оказываются процессы развития цветков и соцветий,

скорость протекания ростовых процессов как отдельных органов, так и всего организма в целом. [3] Отклонение продолжительности светового периода приводит к изменению биометрических показателей растений, а также времени наступления, длительности фаз цветения и созревания, что в свою очередь влияет на степень физиологической зрелости, биохимический состав и посевные качества семян. [10, 15] В естественных условиях выращивания культур продолжительность светового дня регулируется сроком посева семян. Это важно учитывать при возделывании такой теплолюбивой, короткодневной культуры как соя. Если ее биологические требования не соблюдаются, то из-за отклонения в обмене веществ у растений опадают завязи и бобы, что приводит к снижению урожайности. [6, 12] Поэтому для каждого сорта важно подбирать оптимальный срок посева, так как от этого зави-

сит наступление процесса перехода растений к генеративному развитию и созревание урожая происходит в благоприятных условиях.

Цель работы – изучить формирование репродуктивных органов и продуктивности растений среднеспелого сорта сои *Китросса* в зависимости от срока посева.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – среднеспелый сорт сои *Китросса* селекции ВНИИ сои. Он характеризуется продолжительным периодом вегетации – 111...114 дн., потенциальной урожайностью семян – 4 т/га, содержание белка – до 42, жира – 19%, устойчив к грибным и бактериальным болезням. [11]

Исследования проводили в 2021–2023 годах в условиях вегетационного домика с использованием сосудов Вагнера. Набивали сосуды луговой черноземовидной почвой, отобранной на опытном поле института, которую просеивали на сите диаметром 10 мм, после этого насыпали в сосуды, взвешивая каждый на весах по методике Ф.А. Юдина. [13] Влажность и влагоемкость почвы определяли по методу З.И. Журбицкого. [2] Во все сосуды высевали по пять семян, после появления всходов оставляли по три растения. За вегетацию влажность почвы поддерживали на уровне 80% ППВ, определяя ее ежедневно весовым методом. За формированием и опадением репродуктивных органов сои наблюдали с начала цветения (R_1) до полной спелости (R_8) по методике количественного учета Э.Ф. Лопаткиной, где каждое растение отмечали этикеткой в фазе полного появления третьего тройчатого листа, этикетки до момента уборки находились на растениях. Регистрацию репродуктивных органов начинали с фазы начала цветения (R_1), при появлении открытого цветка в любом узле на главном стебле, и проводили 10...12 раз за вегетацию. [4] Данные статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [1] За ростом и развитием растений наблюдали ежедневно по методу Fehr et. al. [14] Структуру и величину урожая учитывали по методике ГСИ. [5] Для аналитических расчетов использовали программы Microsoft Office и Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наибольшее количество всех репродуктивных органов сформировалось при сроке посева 20 мая (табл. 1).

При сроке посева 20 мая количество цветков было больше на 28,3%, завязей бобов – 21 шт./раст., бобов –

Таблица 1.
Количество образовавшихся репродуктивных органов у сорта сои *Китросса* в зависимости от срока посева, среднее за 2021–2023 годы

Срок посева	Репродуктивные органы, шт./раст.		
	цветок	завязь бобов	боб
20 мая	145	69	33
25 мая	104	48	30
НСР ₀₅	22,4	4,62	3,21

3 шт./раст., по сравнению с растениями при посеве 25 мая. Самая высокая абортивность у цветков при посеве 25 мая, она была выше на 10,8%, по сравнению с этим показателем для растений, выращиваемых с 20 мая (рис. 1).

Наибольшее опадание завязей бобов наблюдали при посеве 25 мая, 20 мая этот показатель был ниже на 14,2%. У растений с первым сроком посева бобов абортировалось меньше на 2,8%, относительно второго. Одной из причин снижения продуктивности семян с растения может быть их повышенная абортивность в бобах, которая у *Китросса* различалась в зависимости от срока посева (рис. 2).

Условия, создаваемые при посеве 25 мая, отрицательно повлияли на формирование семян в бобах, абортивность семян была на 4,2% выше, по сравнению с этим показателем для растений со сроком посева 20 мая, что положительно сказалось на продуктивности.

Самая высокая продуктивность семян с растения отмечена в 2021 году при обоих сроках посева. При посеве 20 мая продуктивность семян с одного растения была выше на 5,36 г/раст., чем в 2022 году и на 3,52 г/раст., по сравнению с 2023 (табл. 2).

При сроке посева 25 мая продуктивность семян была выше на 4,01 и 2,0 г/раст., по сравнению с 2022 и 2023 годами соответственно, чему способствовал благоприятный температурный режим воздуха в период формирования семян в бобах. Средняя температура воздуха (22°C) была на 1...2°C ниже, чем в последующие годы исследования, поэтому отток питательных веществ из листьев в семена проходил в оптимальном для сои температурном режиме. [7]

В среднем за три года отмечена тенденция к повышению семенной продуктивности растений на 0,94 г/раст. при сроке посева 20 мая, относительно посева 25 мая, что указывает на преимущество первого для среднеспелого сорта. Следовательно, срок посева 20 мая для

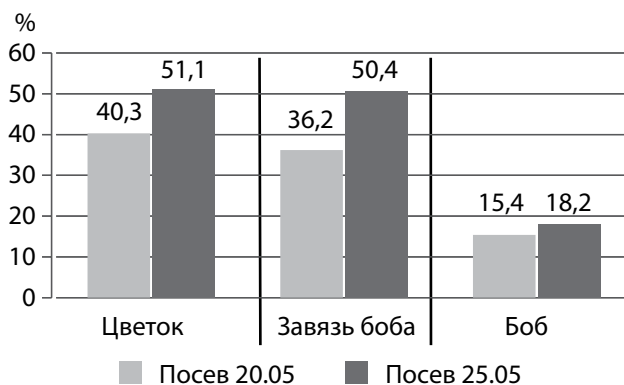


Рис. 1. Абортивность репродуктивных органов в зависимости от срока посева, в среднем за 2021–2023 годы.

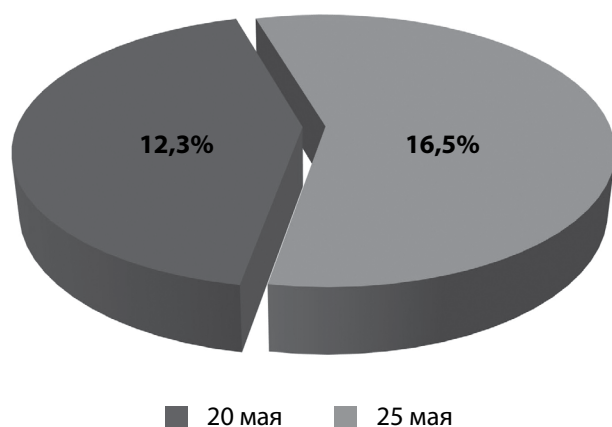


Рис. 2. Абортивность семян в бобах в зависимости от срока посева, %.

сорта *Китросса* был более благоприятным для формирования репродуктивных органов, что подтверждается снижением абортивности цветков на 10,8%, завязей бобов – 14,2, бобов – 2,8% и высокой продуктивностью растений.

Коэффициенты парной корреляции между продуктивностью растения и количеством бобов, семян варьировали от 0,49 до 0,99 ($r_{\text{крит.}} = 0,57$) (табл. 3).

При посеве 20 мая наблюдали высокую корреляционную зависимость продуктивности растений от количества семян на растении, которая составила 98%, 25 мая – 55%.

Влияние образовавшихся бобов на продуктивность растений было слабым при посеве 20 мая – 24%, 25 мая – 42%. Срок посева 20 мая был более благоприятен для формирования большего количества семян на растениях.

Выводы. Семенная продуктивность растений среднеспелого сорта *Китросса* в среднем за три года исследований была наибольшей (11,66 г/раст.) при сроке посева 20 мая, превышая этот показатель для растений, выращиваемых 25 мая на 8,1%. Это обеспечивалось снижением абортивности завязей бобов на 14,2% и большим количеством сформированных бобов – на

Таблица 2.

Продуктивность растений сорта сои *Китросса* в зависимости от срока посева по годам

Срок посева	Продуктивность одного растения, г/раст.			
	2021	2022	2023	средняя за три года
20 мая	14,62	9,26	11,10	11,66
25 мая	12,73	8,72	10,73	10,72
НСР ₀₅	1,85	1,49	1,94	1,90

Таблица 3.

Коэффициенты парной корреляции продуктивности сои сорта *Китросса* с количеством репродуктивных органов в зависимости от срока посева, в среднем за 2021–2023 годы

Репродуктивный орган	Срок посева	
	20 мая	25 мая
Бобы	0,49	0,65
Семена	0,99	0,74

$N=12$ (выборка), $r_{\text{крит.}} = 0,57$

3 шт./раст. Достоверность полученных результатов подтверждается корреляционным анализом между продуктивностью растений и количеством сформированных репродуктивных органов. При посеве 20 мая продуктивность сои на 98% зависела от количества семян с растения ($R = 0,99$, $D_{yx} = 0,98$), 25 мая – 55% ($R = 0,74$, $D_{yx} = 0,55$).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. 352 с.
- Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Изд-во «Наука», 1968. 260 с.
- Зубкова Е.Н., Белова Т.А. Физиология фотопериодической чувствительности у растительных организмов при различной продолжительности светового периода // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. № 1. С. 50–57. DOI: 10.22363/2313-2310-2017-25-1-50-57. EDN: YMRWPI.
- Лопаткина Э.Ф. Методика количественного учета репродуктивных органов сои // Науч.-тех. бюл. ВНИИ сои: Частные вопросы генетики, биологии и физиологии сои. 1977. Новосибирск, Вып. 7–8. С. 34–42.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. 195 с.
- Синеговская В.Т. Влияние срока посева на формирование репродуктивных органов и продуктивность семян скороспелого сорта сои Сентябринка // Агронаука. 2023. Т. 1. № 3. С. 23–28. DOI: 10.24412/2949-2211-2023-1-3-23-28. EDN: ZXFTJ.
- Синеговская В.Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы. Благовещенск, 2002. 120 с.
- Тихончук П.В., Оборская Ю.В., Ющенко Б.И. Продуктивность сортов сои при разных сроках посева // Дальневосточный аграрный вестник. 2007. № 1. С. 62–68.
- Уго Т.К. Продуктивность агроценоза сои раннеспелого сорта Дельта в зависимости от срока посева // Масличные культуры. 2006. № 1 (134). С. 65–69.
- Устюжанин А.П., Шевченко А.В., Турьянский В.Е. Селекция сортов сои северного экотипа // Воронеж: Воронежский ГАУ. 2007. 225 с.
- Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Синеговский М.О. и др. Каталог сортов сои. Благовещенск: ООО «ИНК «ОДЕОН», 2021. 69 с.
- Храмой В.К., Сихарулидзе Т.Д., Рахимова О.В. Обоснование оптимального срока посева сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Вестник Ульяновской ГСХА. 2018. № 3 (43). С. 89–92.
- Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. 2-е изд., перераб., и доп. М.: Колос, 1980. 366 с.
- Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, Glycine max. (L) Merr. // Crop Sci. 1971. № 11. PP. 929–930.
- Zhang L.X., Liu W., Tsegaw M., et al. Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean // Journal of integrative agriculture. 2020. Vol. 19. No. 2. PP. 295–310. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62850-9

REFERENCES

- Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
- Zhurbiцкий Z.I. Teoriya i praktika vegetacionnogo metoda. M.: Izd-vo «Nauka», 1968. 260 s.

3. Zubkova E.N., Belova T.A. Fiziologiya fotoperiodicheskoy chuvstvitel'nosti u rastitel'nyh organizmov pri razlichnoj prodolzhitel'nosti svetovogo perioda // Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2017. № 1. S. 50–57. DOI: 10.22363/2313-2310-2017-25-1-50-57. EDN: YMRWPJ.
4. Lopatkina E.F. Metodika kolichestvennogo ucheta reproduktivnyh organov soi // Nauch.-tekhn. byul. VNII soi: CHastnye voprosy genetiki, biologii i fiziologii soi. 1977. Novosibirsk, Vyp. 7–8. S. 34–42.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M., 1989. 195 s.
6. Sinegovskaya V.T. Vliyanie sroka poseva na formirovanie reproduktivnyh organov i produktivnost' semyan skorospelogo sorta soi Sentyabrinka // Agronauka. 2023. T. 1. № 3. S. 23–28. DOI: 10.24412/2949-2211-2023-1-3-23-28. EDN: ZXFTJ.
7. Sinegovskaya V.T. Crops of soybean in the Amur region as photosynthetic system. Blagoveshchensk, 2002. 120 p.
8. Tikhonchuk P.V., Oborskaya Yu.V., Yushchenko B.I. Productivity of soybean varieties at different sowing dates // Far Eastern Agrarian Bulletin. 2007. No. 1. pp. 62–68.
9. Ugo T.K. Produktivnost' agrocenoza soi rannespelogo sorta Del'ta v zavisimosti ot sroka poseva // Maslichnye kul'tury. 2006. № 1 (134). S. 65–69.
10. Ustyuzhanin A.P., Shevchenko A.V., Tur'yanskij V.E. Selekcija sortov soi severnogo ekotipa // Voronezh: Voronezhskij GAU, 2007. 225 s.
11. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Sinegovskij M.O. i dr. Katalog sortov soi. Blagoveshchensk: OOO «INK «ODEON»», 2021. 69 s.
12. Hramoj V.K., Siharulidze T.D., Rahimova O.V. Obosnovanie optimal'nogo sroka poseva soi v usloviyah Central'nogo rajona Nechernozemnoj zony // Vestnik Ul'yanovskoj GSKHA. 2018. № 3 (43). S. 89–92.
13. Yudin F.A. Metodika agrohimicheskikh issledovanij. 2-e izd., pererab., i dop M.: Kolos, 1980. 366 s.
14. Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, Glycine max. (L) Merr. // Crop Sci. 1971. № 11. PP. 929–930.
15. Zhang L.X., Liu W., Tsegaw M., et al. Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean // Journal of integrative agriculture. 2020. Vol. 19. No. 2. PP. 295–310. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62850-9

Поступила в редакцию 06.04.2024

Принята к публикации 20.04.2024

ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ НОВЫХ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ*

Марина Ивановна Зубкова, научный сотрудник

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

Аннотация. Представлены результаты изучения 20 новых сортов земляники садовой на коллекционном участке ФГБНУ ВНИИСПК, расположенном в Орловской области (2022–2023 годы). Учеты и наблюдения осуществляли согласно требованиям Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Получены данные по компонентам продуктивности, урожайности, комплексу хозяйственно ценных признаков и свойств. Сорта ранжированы по срокам цветения и созревания. Определены даты прохождения основных фаз (начало вегетации – 10–15 апреля, выдвижение соцветий – 26 апреля–3 мая, цветение – 14–15 мая, плодоношение – с 12–18 июня по 20 июля). Сумма эффективных температур начала вегетации – 72–97,5°C. массового выдвижения соцветий – 148–149°C, начала цветения – 214–240°C, массового цветения – 324–424°C. Диапазон эффективных температур на начало плодоношения был 583–686°C, время массового плодоношения – 639–737°C. Выделены наиболее крупноплодные сорта *Malling centenary* (18,3 г), *Brilla* (20,3), *Raurica* (20,4), *Amy* (21,0), *Allegro* (23,2), *Quicky* (25,5 г), содержащие 10 и более цветоносов – *Malling centenary* и *Sonsation*. Селекционную ценность представляют сорта, имеющие более 50 завязей на куст. Этим требованиям соответствовали *Roxana* (51,1 шт.), *Sonsation* (51,8), *Jive* (52,2), *Rumba* (52,5), *Raurica* (53,6), *Malling centenary* (55,4), *Kent* (75,7), *Vivaldy* (63,2 шт.). Выделены высокоурожайные сорта: Ранняя плотная (476,2 г), *Amy* (477,5), *Brilla* (481,2), *Raurica* (541,7), *Quicky* (563,2), *Roxana* (619,8), *Malling centenary* (635,7 г).

Ключевые слова: сорта земляники садовой, компоненты продуктивности, урожайность, фенологические фазы развития

RESULTS OF THE STUDY OF NEW STRAWBERRIES VARIETIES IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

M.I. Zubkova, Researcher

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

Abstract. The results of the study of 20 new strawberry cultivars at the collection site of the VNIISPK located in the Orel region are presented. The studies were carried out in 2021–2022. Records and observations were carried out according to the requirements of the Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops, section “Strawberries”. The data on the components of productivity and yield are given. The cultivars are ranked by the timing of flowering and maturation. The complex of economically valuable traits and properties was comparatively assessed. The dates of the passage of the main phenophases were determined. Vegetation began on April 10–15. The extension of inflorescences fell on the period from April 26 to May 3. Flowering began on May 14–15, fruiting was from June 12–18 to July 20. The sum of effective temperatures at the beginning of the growing season was 72 °C – 97.5°C. The mass extension of inflorescences in accounting years occurred at the sum of effective temperatures of 148–149 °C. Flowering began at the sum of effective temperatures of 214–240 °C, mass flowering took place at the sum of effective temperatures of 324–424 °C. The effective temperature range at the beginning of fruiting was 583–686 °C in 2022–2023, at the time of mass fruiting – 639–737°C. According to the results of the study, the most large-fruited cultivars were identified: *Brilla* (20.3 g), *Raurica* (20.4 g) *Amy* (21.0 g) and *Quicky* (25.5 g); cultivars containing 10 or more peduncles: *Malling centenary* and *Sonsation*. Cultivars with more than 50 ovaries per bush are of the greatest breeding value. These requirements were met by *Roxana* (51.1 pcs.), *Sonsation* (51.8 pcs.), *Jive* (52.2 pcs.), *Rumba* (52.5 pcs.), *Raurica* (53.6 pcs.), *Malling centenary* (55.4 pcs.), *Kent* (75.7 pcs.) and *Vivaldy* (63.2 pcs.). High-yielding cultivars were identified: *Raurica* (541.7 g), *Quicky* (563.2 g), *Roxana* (619.8 g) and *Malling centenary* (635.7 g).

Keywords: *fragaria x ananassa* duch. cultivars, productivity components, yield, phenological phases of the development

Земляника садовая — важнейший источник витаминов и микроэлементов. Производство ягод земляники и продуктов переработки имеет устойчивую тенденцию к росту. Поэтому интерес к новым сортам усиливается. [7, 12, 16] Урожайность и качество ягод зависят от многих факторов, в том числе и со-ответствия феноритмов растения климатическим

условиям. [3] Даты наступления фаз позволяют разрабатывать количественные модели для прогнозирования времени цветения и плодоношения сельскохозяйственных культур, что необходимо для составления календарных сроков проведения работ, а также в селекционной практике. [1, 4, 19] Урожайность и величина ягод — признаки, определяющие

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ и тематического плана ФГБНУ ВНИИСПК: «Создание новых, конкурентоспособных, адаптивных генотипов ягодных культур с использованием инновационных методов селекции и разработка экологически безопасных элементов технологии выращивания и переработки» / (FGZS-2022-0007) / The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the thematic plan of the Federal State Budgetary Institution VNIISPK: “Creation of new, competitive, adaptive genotypes of berry crops using innovative breeding methods and development of environmentally friendly elements of cultivation and processing technology” / (FGZS-2022-0007).

пригодность сорта к промышленному возделыванию. [8, 11–14, 17, 18]

Цель работы — оценить материал земляники садовой по комплексу признаков (количество цветоносов, завязей на куст, средняя масса ягод), выделить наиболее перспективные, изучить особенности прохождения фаз и определить сумму эффективных температур при наступлении основных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали сорта земляники садовой российской и иностранной селекции в 2022–2023 годах на коллекционном участке ФГБНУ ВНИИСПК, расположенном в Орловской области. Опыт был заложен в июле 2021 года. Контроль — районированные, адаптивные к условиям региона сорта *Рубиновый кулон* и *Урожайная ЦГЛ*. Учеты и наблюдения проводили согласно требованиям Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, раздел «Земляника, клубника и земклуника». [10] Средняя температура в Орловской области — 4...5°C, максимальная — 37°C, минимальная — минус 39°C, сумма осадков за год — 490...580 мм. [4, 5]

Данные статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [2]

Опытный участок представлен серыми лесными почвами. Мощность гумусового горизонта — 25...30 см. Содержание калия и фосфора в слое 0...20 см — 21,25 и 28,70 мг/100 г почвы соответственно. Анализировали почву в лаборатории агрохимии ВНИИСПК. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН=5,6...6,0). Повторности рендомизированные. На участке применяли капельный полив. Метеорологические условия вегетационных периодов в годы изучения были различными, что позволило оценить их влияние на изучаемые признаки. Морозо- и зимостойкость — важнейшие показатели при оценке сортов и выращивании земляники в условиях средней полосы России. Зима 2021–2022 годов была мягкая и снежная, повреждения — минимальные. В 2023 году 7, 8 и 9 января температура воздуха опускалась до минус 23°C, 25 °C и 23,5°C соответственно при высоте снежного покрова 4 см. По данным метеостанции ВНИИСПК 7 мая 2023 года температура воздуха достигла минус 4,2°C, 8 мая — минус 3,0°C. У ранних сортов цветение началось 6...8 мая, однако из-за заморозков все бутоны и цветки были повреждены (рис. 1, 2-я стр. обл.). Растения наиболее чувствительны к аномальным колебаниям температуры при цветении и плодоношении. [1, 19]

Осадки в течение года на территории Орловской области распределяются неравномерно. По данным метеостанции ФГБНУ ВНИИСПК, наименьшим их количеством характеризовался май 2023 года (9,0 мм, ГТК — 0,24), I и II декады июня (1,3 и 1,5 мм соответственно) в период созревания ягод земляники, наибольшим — апрель 2022 года (145,4 мм) (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У большинства сортов зимние повреждения отсутствовали и состояние растений после зимы оценивалось в 5 баллов по пятибалльной шкале. Небольшие повреждения (1 балл) отмечены у сортов *Aprica*, *Quicky*, *Amy*.

Таблица 1.
Гидротермические условия вегетационного периода
на территории ВНИИСПК, 2022–2023 годы

Гидротермические условия	Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Σ осадков, мм	2022	38,3	42,6	71,9	29,2	96,0
	2023	9,0	36,8	59,6	57,2	0,3
Σ активных температур	2022	332,3	370,7	452,7	476,8	152,9
	2023	243,5	327,7	413,7	479,7	129,5
ГТК*	2022	1,13	0,74	1,20	0,46	—
	2023	0,24	0,77	1,05	0,95	0,01

Для увеличения времени поступления ягодной продукции на рынок и перерабатывающие предприятия, необходимо знать сроки прохождения растениями фенологических фаз. [4] Сорта можно разделить на рано-, средне-, поздноцветущие и ранне-, средне- и позднеспелые.

Вегетация в 2022 году началась 15 апреля, 2023 — 10 апреля. Выдвижение цветоносов в учетные годы наблюдали с 26 апреля у ранних сортов до 3 мая у поздних (табл. 2). При среднесуточной температуре ниже 5°C процесс прохождения фаз развития резко замедляется. В апреле — мае 2022 года было похолодание 30.04...06.05, 10.05...11.05, 14.05...16.05, что сказалось на сроках цветения и плодоношения. Бутоны и раскрывшиеся в это время цветки вымерзли. Сопоставляя сроки начала выдвижения соцветий и показатели среднесуточной температуры установили, что ранние сорта вступают в эту фазу при среднесуточной температуре 8,5°C, средние — 10°C, поздние — 14,5°C.

Цветение земляники садовой в Орловской области начинается 10...16 мая, в зависимости от погодных условий. Цветки распускаются последовательно. Период цветения сортов обусловлен неодновременной закладкой и дифференциацией генеративных почек у каждого растения, продолжительность у подавляющего большинства сортов — 19...25 дн. Сорт *Романтика*, созданный как декоративный, цветет очень долго — 30...35 дн. (рис. 2, 2-я стр. обл.). Первое плодоношение наступает 14...15 июня у ранних сортов и продолжается до середины июля у поздних (табл. 2).

Массовое выдвижение соцветий происходило при сумме эффективных температур 148...149°C, начало цветения — 214...240°C, массовое цветение — 324...424°C. Диапазон эффективных температур в 2022–2023 году на начало вегетации — 72...97,5°C, плодоношения — 583...686°C, массового плодоношения — 639...737°C (табл. 3).

Продуктивность земляничного куста зависит от числа сформировавшихся цветоносов, количества завязавшихся ягод и их массы, уровень компонентов продуктивности — от генотипа, возраста и адаптационного потенциала растения. [5, 6, 8] Повышение потенциала продуктивности — это важнейшая задача всех селекционных программ.

Результаты оценки 20 образцов по компонентам продуктивности представлены в таблице 4.

Показатель «число цветоносов на куст» существенно влияет на продуктивность земляничных насаждений. Он зависит от потенциала сорта и метеорологических условий закладки цветковых почек. [5, 6] Современ-

Таблица 2.

Даты наступления фенофаз у сортов земляники садовой за 2022–2023 годы наблюдений в условиях Орловской области

Сорт	Начало вегетации	Массовое выдвижение соцветий	Начало цветения	Массовое цветение	Продолжительность цветения	Начало плодоношения	Массовое плодоношение
Ранний срок созревания							
Рубиновый кулон (контроль)	14.04.±3	28.04.±1	20.05.±4	25.05.±3	22	19.06.±1	21.06.±1
Elianny	14.04.±3	26.04.±2	19.05.±2	23.05.±1	23	18.06.±1	21.06.
Flair	10.04.±2	25.04.±1	16.05.±2	23.05.±1	25	17.06.±1	20.06.±1
Quicky	12.04.±2	26.04.±1	16.05.±3	24.05.±2	20	17.06.±1	21.06.±1
Amy	14.04.±2	28.04.±2	19.05.±3	23.05.±3	19	16.06.±2	20.06.±1
Brilla	15.04.±1	26.04.±2	18.05.±4	22.05.±4	23	17.06.±2	20.06.±2
Allegro	14.04.±1	27.04.±2	18.05.±4	23.05.±5	23	17.06.±2	21.06.±2
Ранняя плотная	14.04.±2	28.04.±1	18.05.±5	22.05.±5	22	18.06.±1	22.06.±1
Rumba	14.04.±2	28.04.±2	19.05.±5	23.05.±4	22	18.06.±2	21.06.±2
Kent	14.04.±2	28.04.±1	20.05.±5	24.05.±4	20	19.06.±2	22.06.±1
Романтика	14.04.±2	27.04.±2	18.05.±3	23.05.±3	32	19.06.±2	22.06.±1
Malling centenary	15.04.±2	27.04.	19.05.±5	25.02.±2	22	18.06.±2	22.06.±1
Средний и поздний							
Урожайная ЦГЛ (контроль)	17.04.±2	28.04.±1	22.05.±2	27.02.±2	22	20.06.±1	24.06.
Joly	17.04.±3	28.04.±1	23.05.±2	26.02.±3	23	21.06.	25.06.
Sonsation	17.04.±2	29.04.±1	23.05.±2	28.05.±2	22	21.06.	25.06.±1
Vivaldi	20.04.±2	2.05.±1	29.05.±3	3.06.±1	21	26.06.±4	29.06.±4
Jive	20.04.±1	1.05.±1	29.05.±3	2.06.±4	20	27.06.±2	30.06.±3
Roxana	19.04.±1	1.05.±1	27.05.±4	1.06.±3	20	25.06.±1	28.06.±3
Raurica	20.04.±2	2.05.±1	27.05.±2	1.06.±2	24	26.06.±1	29.06.
Mieze Schindller	19.04.±1	30.05.±1	25.05.±2	27.05.±3	20	24.06.±1	28.06.±1

ный сорт должен формировать 10 и более цветоносов на куст. [6] В нашей работе у сортов *Malling centenary* и *Sonsation* было 10,1 и 10,4 шт. цветоносов соответственно.

Наибольшую селекционную ценность представляют сорта, имеющие более 50 завязей на куст. [6] Этим требованиям соответствовали *Roxana* (51,1 шт./куст), *Sonsation* (51,8), *Jive* (52,2), *Rumba* (52,5), *Raurica* (53,6), *Malling centenary* (55,4), *Kent* (75,7), *Vivaldy* (63,2 шт./куст) (табл. 4). Количество завязей на цветонос должно быть небольшим — 5...9 шт., что связано с морфологическими особенностями соцветия земляники садовой, так как оно имеет три-пять порядков и наиболее крупные ягоды формируются из цветков первого-третьего порядка. Этим параметрам подходят сорта *Sonsation* (5 шт./цветонос), *Brilla* (5,5), *Malling centenary* (5,8), *Урожайная ЦГЛ* (5,9), *Amy* (5,9), *Elianny* (5,9), *Joly* (6), *Quicky* (6,5), *Fler* (7,1), *Allegro* (7,2), *Ранняя плотная* (7,8), *Jive* (7,9), *Raurica* (7,9 шт./цветонос) (табл. 4).

Возделывание крупноплодных сортов — один из путей повышения урожайности и снижения затрат при уборке ягод. Масса ягод определяется генетическими особенностями сорта, возрастом насаждений и услови-

ями внешней среды. Современные селекционные программы нацелены на создание крупноплодных сортов с большим процентом ягод первого сорта. [5, 13, 14, 16] Массу первых ягод формируют сорта *Vivaldi* (35,0 г), *Sonsation* (35,4), *Joly* (35,7), *Malling centenary* (36,3), *Raurica* (36,9), *Рубиновый кулон* (39), *Roxana* (41,1), *Elianny* (41,5), *Brilla* (49,0) *Amy* (50,4), *Allegro* (52,4), *Quicky* (53,9). Самая высокая средняя масса выявлена у сортов *Brilla* (20,3 г), *Raurica* (20,4), *Amy* (21,0), *Quicky* (25,5 г) (рис. 3, а, б, 2-я стр. обл.).

Урожайность — сложный интегральный признак, зависящий от условий внешней среды и потенциальных возможностей сорта. Именно урожайность определяет возможность возделывания сорта в регионе. [9,11,14,15,17,18] В литературе описаны сорта (*Rendezvous*, *Malling Allure*, *Malling Champion*), позволяющие получать более килограмма ягод с куста. [18, 19] В наших исследованиях наиболее урожайные — *Raurica* (541,7 г), *Quicky* (563,2), *Roxana* (619,8), *Malling centenary* (635,7 г) (табл. 4). Эти данные подтверждаются исследованиями других авторов в предыдущие годы. [15–18]

Коэффициент корреляции между средней массой ягод и фактической урожайностью — 0,73.

Таблица 3.

Сумма эффективных температур на даты наступления фаз вегетации по годам, °С

Год	Начало вегетации	Массовое выдвижение соцветий	Начало цветения	Массовое цветение	Начало плодоношения	Массовое плодоношение
2022	72	149	214	424	686	737
2023	98	148	240	324	583	639
Средний показатель	85	148,5	227	374	634,5	688

Таблица 4.

Средние значения компонентов биологической продуктивности и фактической урожайности сортов земляники садовой

Сорт	Количество, шт.			Максимальная масса ягод	Масса ягод, г	Фактическая урожайность, г/куст
	цветоносов	цветков	цветков на цветонос			
Рубиновый кулон (контроль)	4,5	40,9	9,1	39	12,4	290,9
Elianny	5,7	34,9	5,9	41,5	14,7	383,3
Flair	7	48,3	7,1	34,3	11,9	357,1
Quicky	5,8	38,4	6,5	53,9	25,5	563,2
Amy	6,2	36,6	5,9	50,4	21	477,5
Brilla	6,1	34,3	5,5	49	20,3	481,2
Allegro	5,8	45,8	7,2	52,4	23,2	437,4
Rumba	4,3	52,5	12,2	29,3	12,6	461,7
Kent	6,2	75,7	11,8	26,2	12,6	452,8
Ранняя плотная	5,1	37,5	7,8	33,9	16,3	476,2
Романтика	4,2	66,3	16,1	20,3	11,4	392,2
Malling centenary	10,1	55,4	5,8	36,25	18,3	635,7
Урожайная ЦГЛ (контроль)	7	41,9	5,9	30,9	15,4	432,5
Joly	7	42,4	6	35,7	18,1	543,1
Sonsation	10,4	51,8	5	35,35	17,4	672,0
Vivaldi	5,2	63,2	12,4	34,9	15,2	546,0
Jive	6,6	52,2	7,9	34,7	16,2	552,0
Roxana	6	51,1	8,6	41,05	19	619,8
Raurica	6,4	53,6	7,9	36,9	20,4	541,7
Mieze Schindler	5,5	51,8	9,2	28,6	11,2	363,5
V,%	25,6	22,5	36,2	23,7	24,6	24,3
НСР _{0,05}	1,2	8,0	2,2	6,4	3,0	50,6
Минимальное	4,2	34,3	4,9	20,3	11,2	290,9
Максимальное	10,4	75,7	16,1	53,9	25,5	672,0

Выводы. В условиях Орловской области возможно возделывать землянику разных сроков созревания.

Определены сорта с высокими показателями продуктивности — *Amy* (766,4 г/куст), *Kent* (948,9), *Quicky* (975,5), *Allegro* (1053,3), *Malling Centenary* (1073,4 г/куст) и наиболее урожайные — *Raurica* (541,7 г), *Quicky* (563,2), *Roxana* (619,80.), *Malling centenary* (635,7 г).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Грюнер Л.А., Кулешова О.В. Направления исследований и перспективы выращивания ежевики в условиях Орловской области // Современное садоводство. электронный журнал. 2015. № 3.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Драгавцева И.А., Кузнецова А.П., Ключкина А.В. Новый подход к стабилизации продукционного процесса сортов плодовых культур в условиях флуктуации климата // Бюллетень Государственного Никитского Ботанического Сада. 2020. Т. 135. С. 111–118. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-135-111-118>
- Зубкова М.И., Князев С.Д., Евтихова И.Е. Особенности прохождения фенологических фаз интродуцированных сортов земляники садовой в условиях Орловской области // Овощи России. 2021. № 1. С. 63–68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-63-68>
- Зубкова М.И., Князев С.Д., Ожерельева З.Е. Оценка сортов земляники садовой как источников высокой зимостойкости и продуктивности // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 2. С. 51–57. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-2-51-57>
- Куликов И.М., Айтжанова С.Д., Андропова Н.В. и др. Модель промышленного сорта земляники садовой для условий средней полосы России // Садоводство и виноградарство. 2020. № 3. С. 5–10. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-3-5-10>
- Лапшин В.И., Яковенко В.В., Щеглов С.Н., Подорожный В.Н. Методический подход к оценке изменчивости признаков продуктивности и качества ягод в генетических коллекциях земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 675–682. <https://doi.org/10.18699/VJ19.540>
- Лукьянчук И.В. Оценка элитных форм земляники по комплексу ценных признаков // Научные труды Северо-Кавказского Федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 30. С. 49–53. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-30-49-53>
- Марченко Л.А. Продуктивность земляники садовой и селекционные возможности ее повышения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 3. С. 65–74. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-3-7>
- Шокаева Д.Б., Зубов А.А. Земляника, клубника, земляничника. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 417–443.
- Яковенко В.В., Лапшин В.И. Результаты оценки продуктивности и качества плодов земляники в условиях Прикубанской зоны Краснодарского края // Садовод-

- ство и виноградарство. 2019. № 2. С. 40–45. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-2-40-45>.
12. Folta K.M., Davis T.M. Strawberry genes and genomics // *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2006. Vol. 25. No. 5. PP. 399–415, <https://doi.org/10.1080/07352680600824831>
 13. Medina J.J., Ariza M.T., López D. et al. Improving strawberry cultivars for the future // *Acta Hort.* 1309. 2012. PP. 13–18. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.3>
 14. Mezzetti B., Mazzoni L., Balducci F. et al. 'Francesca', 'Lauretta', 'Silvia' and 'Dina': four new strawberry cultivars for northern and southern European cultivation conditions from the Marche Polytechnic University breeding programme // *Acta Hort.* 1309. 2012. PP. 205–208. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.30>
 15. Olbricht K., Wagner H., Gerischer U. "Rendezvous" portrait of a new European strawberry // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 157–162. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1309.23.
 16. Pistón F., Arenas J.M., Refoyo A. Cultivars developed in the strawberry breeding program of Fresas Nuevos Materiales S.A. // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 69–74. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.11>
 17. Whitehouse A.B., Johnson A.W., Cockerton H.M. et al. Recent progress in strawberry breeding and genetics at NIAB EMR, East Malling, UK. // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 169–174 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.25>
 18. Whitehouse A.B., Johnson A.W., Hopson K.J. et al. 'Malling™ Allure' and 'Malling™ Champion': two new strawberry cultivars from NIAB EMR, United Kingdom // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 163–168 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.24>
 19. Yoon C.Y., Kim S., Cho J., Kim S. Modeling the impacts of climate change on yields of various Korean soybean sprout cultivars *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No. 8. P. 1590. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081590>
 20. polosy Rossii // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2020. No. 3. S. 5–10. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-3-5-10>
 7. Lapshin V.I., Yakovenko V.V., Shcheglov S.N., Podorozhny V.N. Metodicheskij podhod k ocenke izmenchivosti priznakov produktivnosti i kachestva yagod v geneticheskikh kollekciyakh zemlyaniki sadovoj (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2019. T. 23. No. 6. S. 675–682. <https://doi.org/10.18699/VJ19.540>
 8. Lukyanchuk I.V. Ocenka elitnykh form zemlyaniki po kompleksu cennykh priznakov // *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo Federal'nogo nauchnogo centra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya*. 2020. T. 30. S. 49–53. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-30-49-53>
 9. Marchenko L.A. Produktivnost' zemlyaniki sadovoj i selekcionnye vozmozhnosti ee povysheniya // *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2021. T. 51. No. 3. S. 65–74. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-3-7>
 10. Shokaeva D.B., Zubov A.A. Zemlyanika, klubnika, zemklunika. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Pod red. E.N. Sedova, T.P. Ogol'covej. Orel: VNIISPK, 1999. S. 417–443.
 11. Yakovenko V.V., Lapshin V.I. Rezul'taty ocenki produktivnosti i kachestva plodov zemlyaniki v usloviyakh Prikubanskoj zony Krasnodarskogo kraja // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2019. No. 2. S. 40–45. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-2-40-45>.
 12. Folta K.M., Davis T.M. Strawberry genes and genomics // *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2006. Vol. 25. No. 5. PP. 399–415, <https://doi.org/10.1080/07352680600824831>
 13. Medina J.J., Ariza M.T., López D. et al. Improving strawberry cultivars for the future // *Acta Hort.* 1309. 2012. PP. 13–18. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.3>
 14. Mezzetti B., Mazzoni L., Balducci F. et al. 'Francesca', 'Lauretta', 'Silvia' and 'Dina': four new strawberry cultivars for northern and southern European cultivation conditions from the Marche Polytechnic University breeding programme // *Acta Hort.* 1309. 2012. PP. 205–208. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.30>
 15. Olbricht K., Wagner H., Gerischer U. "Rendezvous" portrait of a new European strawberry // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 157–162. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.23>
 16. Pistón F., Arenas J.M., Refoyo A. Cultivars developed in the strawberry breeding program of Fresas Nuevos Materiales S.A. // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 69–74. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.11>
 17. Whitehouse A.B., Johnson A.W., Cockerton H.M. et al. Recent progress in strawberry breeding and genetics at NIAB EMR, East Malling, UK. // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 169–174 DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1309.25 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.25>
 18. Whitehouse A.B., Johnson A.W., Hopson K.J. et al. 'Malling™ Allure' and 'Malling™ Champion': two new strawberry cultivars from NIAB EMR, United Kingdom // *Acta Hort.* 1309. 2021. PP. 163–168. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.24>
 19. Yoon C.Y., Kim S., Cho J., Kim S. Modeling the impacts of climate change on yields of various Korean soybean sprout cultivars *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No. 8. P. 1590. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081590>

REFERENCES

1. Gryuner L.A., Kuleshova O.V. Napravleniya issledovanij i perspektivy vyrashchivaniya ezheviki v usloviyakh Orlovskoj oblasti // *Sovremennoe sadovodstvo. elektronnyj zhurnal*. 2015. No. 3.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
3. Dragavceva I.A., Kuznecova A.P., Klyukina A.V. Novyj podhod k stabilizacii produkcionnogo processa sortov plodovykh kul'tur v usloviyakh fluktuacii klimata // *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada*. 2020. T. 135. S. 111–118. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-135-111-118>
4. Zubkova M.I., Knyazev S.D., Evtihova I.E. Osobennosti prohozhdeniya fenologicheskikh faz introducirovannykh sortov zemlyaniki sadovoj v usloviyakh Orlovskoj oblasti // *Ovoshchi Rossii*. 2021. No. 1. S. 63–68. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-63-68>
5. Zubkova M.I., Knyazev S.D., Ozherel'eva Z.E. Ocenka sortov zemlyaniki sadovoj kak istochnikov vysokoj zimostojkosti i produktivnosti // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2022. T. 183. No. 2. S. 51–57. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-2-51-57>
6. Kulikov I.M., Ajtzhanova S.D., Andronova N.V. i dr. Model' promyshlennogo sorta zemlyaniki sadovoj dlya uslovij srednej

Поступила в редакцию 31.01.2024
Принята к публикации 12.02.2024

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАКЛАДКУ ЦВЕТКОВЫХ ПОЧЕК ЗЕМЛЯНИКИ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ*

Елена Юрьевна Невоструева, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: sadovodnauka@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований уровня термо- и влагообеспеченности периода закладки цветковых почек у земляники садовой на Среднем Урале. Объект изучения — районированные по Волго-Вятскому региону РФ сорта: раннего срока созревания — Заря, Даренка, среднего — Фестивальная, Гейзер. Урожайность земляники садовой — сложный хозяйственно-биологический признак, состоящий из нескольких компонентов, один из которых — количество цветоносов на кусте. Период закладки почек наступает при теплом климате — в сентябре-начале октября, холодном — в августе. Их количество зависит от генотипа земляники и условий гидротермального режима в период закладки. Земляника садовая умеренно требовательная к теплу, но ей необходимо соответствующее увлажнение. Она сильно реагирует как на недостаток влаги, так и на переизбыток. Определение оптимальных значений термо- и влагообеспеченности периода закладки цветковых почек — одно из решений повышения урожайности культуры. В исследованиях использовали данные гидротермического коэффициента (ГТК) августа и среднее количество цветоносов на куст в первое плодоношение у районированных сортов раннего и среднего сроков созревания за 1972–2022 годы. При дефиците осадков дополнительного орошения не проводили. Установили, что максимальное количество цветоносов (3,95 шт./куст) образуется при ГТК 1,0–1,3 (корреляционная связь обратная средняя, $r = -0,5714$). В засушливых условиях (ГТК < 0,4) число цветоносов низкое — 0,73 шт./куст и увеличивается при улучшении условий увлажнения (ГТК 0,4–1,0) до 2,46 шт./куст. При ГТК выше 1,3 их количество уменьшается до 2,18 шт./куст.

Ключевые слова: Средний Урал, земляника садовая, закладка цветковых почек, количество цветоносов на куст, гидротермические условия

THE INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE STRAWBERRIES FLOWER BUDS FORMATION IN THE MIDDLE URALS

E.Yu. Nevostrueva, PhD in Agricultural Sciences
Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia
E-mail: sadovodnauka@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies of the level of heat and moisture supply during the formation of strawberries flower buds in the Middle Urals. The object of study is varieties zoned in the Volga-Vyatka region of the Russian Federation: early ripening — Zarya, Darenka, middle — Festivalnaya, Geyser. The productivity of garden strawberries is a complex economic and biological trait, consisting of several components. One of which is the number of flower stalks on the bush. The peduncle is the second type of shoot in strawberries, differentiated from a flower bud that forms in the axil of the upper leaf. In different cultivation regions, the period of bud formation begins at different times: in warmer climates — in September, early October, in cold climates — earlier, in August. In the Middle Urals, buds are also laid in August. Their number depends on the genotype of the strawberry plant and the hydrothermal conditions during the planting period. Garden strawberries are moderately demanding of heat, but require moisture appropriate to the culture. It reacts strongly to both a lack of moisture and its excess. Determining the optimal values of temperature and moisture supply (HMS) during the period of flower bud formation is one of the solutions to increase the yield of a given crop. The studies used data from the State Customs Committee of August and the average number of peduncles per bush in the first fruiting of zoned varieties of early and medium ripening for 1972–2022. In years with deficient precipitation, no additional irrigation was carried out. The results of the research revealed that the maximum number of peduncles of 3.95 pcs./bush is formed at a HTC of 1.0–1.3 (inverse average correlation, $r = -0.5714$). In arid conditions (HTC < 0.4), the number of peduncles is low — 0.73 pcs./bush and increases as moisture conditions improve (HTC 0.4–1.0) to 2.46 pcs./bush. When the HTC is higher than 1.3, their number decreases to 2.18 pcs./bush.

Keywords: Middle Urals, garden strawberries, flower bud formation, number of peduncles per bush, hydrothermal conditions

Цветковая почка у земляники садовой образуется в пазухе верхнего листа и представляет собой второй тип побега — цветонос. Урожайность — сложный хозяйственно-биологический признак, у земляники он включает в себя количество цветоносов на куст, ягод на цветонос и среднюю массу ягоды. [5]

Компоненты урожайности обусловлены проявлением генотипа растения и влиянием условий внешней среды, где важную роль играет температурно-влажностный режим вегетационного периода. [1, 6] Земляника садовая умеренно требовательная к теплу, но ей необходимо соответствующее увлажнение. Она

* Исследования проводили в рамках выполнения государственного задания НИОКР по направлению 4.1.2. «Растениеводство, защита и биотехнология растений» по теме № 0532-2021-0008/ The research was carried out within the framework of the state R&D task in the direction 4.1.2. "Crop production, protection and biotechnology of plants" on the topic No. 0532-2021-0008.

сильно реагирует как на недостаток влаги (угнетение роста и развития растений, мелкие ягоды, слабая закладка цветковых почек), так и переизбыток (снижение темпа подготовки к перезимовке, ухудшение условий дифференциации почек). [4, 7, 8] Закладка цветковых почек у земляники садовой наступает после фазы плодоношения. В Нечерноземной полосе России и более южных регионах почки формируются в осенний период. В условиях Сибири, на Алтае, а также Среднем Урале это происходит в августе. [2, 10] В более поздние сроки – суточные температуры не соответствуют необходимому оптимуму для данной фазы вегетации.

Цель работы – выявление оптимального диапазона ГТК периода закладки цветковых почек у земляники садовой на Среднем Урале.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на Свердловской селекционной станции садоводства – структурное подразделение ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, УНУ «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале» (г. Екатеринбург) с 1972 по 2023 год.

Объект изучения – районированные по Волго-Вятскому региону РФ сорта: раннего срока созревания – *Заря*, *Даренка*, среднего – *Фестивальная*, *Гейзер*. [8] Количество цветоносов на куст учитывали при первом плодоношении.

Наблюдения и учеты выполняли согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». [11]

Коэффициенты вариации (C_v) и корреляции (r) рассчитывали по «Методике полевого опыта». [3]

Гидротермический коэффициент (ГТК) по Г.Т. Селянинову использовали для определения влагообеспеченности периода закладки цветковых почек (август). В соответствии с ним существует классификация термо- и влагообеспеченности территории: избыточное увлажнение – $> 1,6$; достаточное – $1,6...1,3$; слабая засушливость – $1,3...1,0$; засушливость – $1,0...0,7$; сильная засушливость – $0,7...0,4$; сухость – $< 0,4$.

В засушливые годы дополнительного орошения не проводили. Участок на богаре.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Условия периода закладки цветковых почек у земляники за годы исследований менялись в широком диапазоне ГТК – от 0,16 (засуха) до 4,43 (сильное переувлажнение), варьирование составило 69,5% (табл. 1).

Число цветоносов изменялось по годам от 0,6 до 5,7 шт./куст ($C_v = 62,56\%$).

В таблице 2 представлено распределение экспериментальных данных за 51 год наблюдений по значениям ГТК, обуславливающим уровень тепло- и влагообеспеченности периода закладки цветковых почек.

При ГТК $< 0,4$ отмечено наименьшее количество цветоносов – 0,73 шт./куст. Изменчивость данного компонента урожайности по годам – $C_v = 20,06\%$, прямая корреляционная связь – $r = 0,6934$.

С улучшением условий (ГТК – $0,4...1,0$) закладка цветковых почек у земляники проходит интенсивнее, увеличивается число цветоносов от 1,46 до 2,46 шт./куст. По годам исследований изменчивость признака значи-

Таблица 1.
Температурно-влажностный режим периода закладки цветковых почек и количество цветоносов земляники по годам

Год закладки цветковых почек	ГТК августа	Год плодоношения	Среднее количество цветоносов на один куст, шт.
1972	0,74	1973	1,9
1973	1,29	1974	3,5
1974	1,04	1975	5,5
1975	2,14	1976	0,8
1976	1,16	1977	5,7
1977	0,85	1978	3,6
1978	2,24	1979	5,4
1979	1,64	1980	2,6
1980	1,35	1981	2,5
1981	0,47	1982	0,8
1982	0,93	1983	4,3
1983	2,27	1984	1,6
1984	3,43	1985	1,6
1985	0,75	1986	3,0
1986	2,19	1987	3,7
1987	1,15	1988	2,7
1988	0,34	1989	0,9
1989	1,60	1990	1,8
1990	1,25	1991	3,1
1991	2,11	1992	2,7
1992	3,78	1993	1,0
1993	3,33	1994	1,0
1994	2,31	1995	3,2
1995	0,48	1996	1,1
1996	0,49	1997	1,2
1997	4,43	1998	1,4
1998	0,65	1999	1,5
1999	1,13	2000	5,0
2000	2,96	2001	1,7
2001	1,48	2002	2,2
2002	2,04	2003	2,0
2003	0,74	2004	1,0
2004	1,42	2005	2,5
2005	1,62	2006	2,1
2006	0,62	2007	2,3
2007	0,75	2008	1,9
2008	2,04	2009	2,9
2009	2,63	2010	2,4
2010	1,06	2011	3,8
2011	0,46	2012	1,5
2012	0,90	2013	2,8
2013	0,47	2014	1,8
2014	1,67	2015	3,5
2015	3,03	2016	0,9
2016	0,16	2017	0,6
2017	0,65	2018	1,5
2018	0,95	2019	2,2
2019	1,64	2020	1,1
2020	3,08	2021	1,8
2021	1,25	2022	2,3
2022	0,36	2023	0,7
Среднее	1,51		2,33
$C_v, \%$	69,50		62,56

Таблица 2.

Влияние погодных условий в августе
на количество цветоносов, 1972–2022 годы

ГТК	ГТК августа		Cv, %	Количество цветоносов на куст, шт.		Cv, %	r
	Min...max	x		Min...max	x		
< 0,4	0,16...0,36	0,29	31,01	0,6...0,9	0,73	20,06	0,6934
0,4...0,7	0,46...0,65	0,54	15,04	0,8...2,3	1,46	29,25	0,4680
0,7...1,0	0,74...0,95	0,83	10,31	1,0...4,3	2,46	40,11	0,5724
1,0...1,3	1,04...1,29	1,01	8,38	2,3...5,7	3,95	30,75	-0,5714
1,3...1,6	1,35...1,60	1,46	6,28	1,8...2,5	2,25	12,76	-0,9628
> 1,6	1,62...4,43	2,53	30,16	0,8...5,4	2,18	51,93	-0,4381

тельная – 29,25...40,11%, сила связи между ГТК и закладкой почек от слабой до средней.

Наибольшее количество цветоносов (3,95 шт.) было при ГТК – 1,0...1,3. Изменчивость признака по годам значительная (Cv = 30,75%), корреляционная связь между ГТК и данным компонентом урожайности обратная средняя. В этот диапазон входят следующие годы исследований: 1974 (ГТК – 1,04), 1976 (1,16), 1999 (1,13), в которых отмечено от 5,0 до 5,7 цветоносов на куст. В 1973, 1990, 2021 годах значение ГТК увеличилось до 1,25...1,29, а количество цветоносов снизилось до 3,5...2,3 шт. из-за негативного действия избытка осадков при закладке цветковых почек.

Сдальнейшим увеличением осадков (ГТК – 1,3...1,6) число цветоносов уменьшилось до 2,25 шт., варьирование по годам среднее (12,76%), связь обратная, очень высокая. Возможно, повлияло небольшое число лет наблюдений, в данный диапазон вошли только 1980, 1989, 2001 и 2004 годы.

При избыточном увлажнении (ГТК > 1,6) количество цветоносов снижается до 2,18 шт./куст, но по годам сильно варьирует – 51,93%. Отмечена слабая обратная корреляционная связь между числом заложившихся почек и значениями ГТК периода их закладки. Широкий размах варьирования количества цветоносов обусловлен влиянием переизбытка влаги, сдвинувшего закладку цветковых почек на более поздние сроки, когда температурный режим не соответствовал оптимальным значениям условий для данной фазы.

Характер распределения цветоносов по показателям ГТК с изменением времени наблюдений не меняется – наименьшее их количество – при ГТК < 0,4, наибольшее – 1,0...1,3. С улучшением условий увлажнения (ГТК – 0,4...1,0) число цветоносов увеличивается, при ГТК > 1,3 – снижается (табл. 3).

Выводы. Выявлен оптимальный уровень термо- и влагообеспеченности периода закладки цветковых почек у земляники садовой на Среднем Урале. Он соответствует ГТК от 1,0 до 1,3, при котором отмечено наибольшее количество цветоносов – 3,95 шт./куст. Результаты исследований можно использовать для прогноза урожая земляники.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Андронов Н.В. Оценка исходных форм земляники садовой по продуктивности и составляющим ее компонентам // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 38. № 1. С. 28–34.
- Белых А.М. Земляника в Сибири. Новосибирск, 2000. С. 14–15.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1979. С. 282–285.
- Ежов Л.А., Солина Ю.В., Канунников А.М. Ягодники Нечерноземья и Урала. Пермь, 2017. С. 131–132. ISBN 978-5-94279-336-4.
- Зубов А.А. Теоретические основы селекции земляники. Мичуринск, 2004. С. 32–33. ISBN 5-900665-13-5.
- Зубкова М.И., Князев С.Д., Ожерельева З.Е. Оценка сортов земляники садовой как источников высокой зимостойкости и продуктивности // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (2). С. 51–57. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-51-57.
- Патрушев В.Ю., Макарычев С.В. Орошение земляники садовой в условиях полевого опыта // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (220). С. 43–49. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-220-2-43-49.
- Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда /под общей ред. докт. с.-х. наук С.А. Макаренко. М.: Наука, 2022. С. 274–276. ISBN 978-5-02-040898-2.
- Попова Е.Е., Зайцева Г.А., Ряскова О.М. Теплообеспеченность, как фактор, влияющий на урожайность сельскохозяйственных растений // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.
- Стольников Н.П., Лутов В.И. Промышленная культура земляники в Сибири. Новосибирск, 2009. С. 9–15.
- Шокаева Д.Б., Зубов А.А. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Земляника, клубника, земклуника. Орел, 1999. С. 417–443.

REFERENCES

- Andronova N.V. Ocenka iskhodnykh form zemlyaniki sadovoy po produktivnosti i sostavlyayushchim ee komponentam // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2014. T. 38. № 1. S. 28–34.
- Belyh A.M. Zemlyanika v Sibiri. Novosibirsk, 2000. S. 14–15.

Таблица 3.

Варьирование количества цветоносов в зависимости от числа наблюдений

Годы	Количество цветоносов на куст по ГТК											
	<0,4		0,4...0,7		0,7...1,0		1,0...1,3		1,3...1,6		>1,6	
	шт./куст	V, %	шт./куст	V, %	шт./куст	V, %	шт./куст	V, %	шт./куст	V, %	шт./куст	V, %
2002–2022	0,65	8,00	1,78	18,37	1,98	32,80	3,05	24,59	2,50	0	2,09	41,77
1992–2022	0,65	7,69	1,56	23,58	1,90	34,18	3,70	29,85	2,35	6,38	1,92	43,58
1982–2022	0,73	20,06	1,56	23,71	2,53	40,42	3,38	28,09	2,17	13,20	2,04	42,63
1972–2022	0,73	20,06	1,46	29,25	2,46	40,11	3,95	30,75	2,25	12,76	2,18	51,93
Среднее	0,69	13,95	1,59	23,73	2,22	36,88	3,52	28,32	2,32	10,78	2,06	44,98

3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M., 1979. S. 282–285.
4. Ezhov L.A., Solina Yu.V., Kanunnikov A.M. Yagodniki Nechernozem'ya i Urala. Perm', 2017. S. 131–132. ISBN 978-5-94279-336-4.
5. Zubov A.A. Teoreticheskie osnovy selekcii zemlyaniki. Michurinsk, 2004. S. 32–33. ISBN 5-900665-13-5
6. Zubkova M.I., Knyazev S.D., Ozherel'eva Z.E. Ocenka sortov zemlyaniki sadovoj kak istochnikov vysokoj zimostojkosti i produktivnosti // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2022. № 183(2). S. 51–57. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-2-51-57.
7. Patrushev V.Yu., Makarychev S.V. Oroshenie zemlyaniki sado-voj v usloviyah polevogo opyta // Vestnik Altajskogo gosudarst-vennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 2 (220). S. 43–49. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-220-2-43-49.
8. Pomologiya Urala: sorta plodovyh, yagodnyh kul'tur i vino-grada /pod obshchej red. dokt. s.-h.nauk S.A. Makarenko. M.: Nauka, 2022. S. 274–276. ISBN 978-5-02-040898-2.
9. Popova E.E., Zajceva G.A., Ryaskova O.M. Teploobe-spechennost', kak faktor, vliyayushchij na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh rastenij // Nauka i Obrazovanie. 2021. T. 4. № 2.
10. Stol'nikova N.P., Lutov V.I. Promyshlennaya kul'tura zemly-aniki v Sibiri. Novosibirsk, 2009. S. 9–15.
11. Shokaeva D.B., Zubov A.A. Programma i metodika sortoi-zucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Zem-lyanika, klubnika, zemklunika. Orel, 1999. S. 417–443.

Поступила в редакцию 07.02.2024

Принята к публикации 21.02.2024

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ РЕМОНТАНТНЫХ СОРТОВ МАЛИНЫ*

Сергей Николаевич Евдокименко, доктор сельскохозяйственных наук

Максим Александрович Подгаецкий, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», г. Москва, Россия

E-mail: serge-evdokimenko@yandex.ru

Аннотация. В 2023 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Центральному региону, включены три сорта малины ремонтантного типа — Медвежонок, Салют, Юбилейная Куликова. Предмет наших исследований — изучение этого сортимента по морфологическим особенностям растений, компонентам продуктивности, качественным и технологическим свойствам плодов. Работу выполняли в 2020–2023 годах на коллекционном участке Кокинского опорного пункта ФГБНУ ФНЦ Садоводства, расположенного в Брянской области. Установлено, что новые ремонтантные сорта малины превосходят контрольный сорт Пингвин по силе роста побегов, продуктивности, массе и прочности плодов. Сорт Юбилейная Куликова формирует урожай 2,75 кг/куст, плоды крупные (средняя масса — 4,7 г), конические, яркой малиновой окраски с небольшим блеском, дегустационная оценка — 4,1 балла. Сорт отличается ранним и дружным созреванием урожая, завершая плодоношение в середине сентября. Растения сорта Медвежонок имеют пряморослый габитус куста с длинными, сильно разветвленными плодовыми веточками. Ягоды крупные (около 5 г), мясистые, прочные (усилие на раздавливание 7,0 Н), хорошо отделяются от цветоложа, вкус — 3,7 балла. Урожайность — выше 19 т/га. Перспективен для промышленной технологии возделывания, включая механизированную уборку урожая. Сорт Салют сочетает ультрараннее начало созревания ягод (20–22 июля), высокую урожайность (18,7 т/га), крупноплодность (4,5 г), привлекательный внешний вид плодов, десертный вкус (4,2 балла) с малинным ароматом, повышенную прочность (7,7 Н) и транспортабельность. Пригоден для промышленного производства.

Ключевые слова: ремонтантная малина, сорт, компактность, масса ягод, продуктивность, вкус, прочность

ECONOMIC AND BIOLOGICAL ASSESSMENT OF NEW EVERBEARING RASPBERRY VARIETIES

S.N. Evdokimenko, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

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

Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

E-mail: serge-evdokimenko@yandex.ru

Abstract. In 2023, three cultivars of primocane raspberry were included in the State Register of Breeding Achievements approved for use in the Central Region — “Medvezhonok”, “Salyut”, “Yubileinaya Kulikova”. The study of this assortment according to the morphological characteristics of plants, productivity components, qualitative and technological properties of fruits was the subject of our researches. The work was carried out in 2020–2023 at the collection site of the Kokino base station of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, located in the Bryansk region. It has been established that new primocane raspberry cultivars are superior to the control cultivar ‘Penguin’ in terms of shoot growth strength, berry mass, productivity, and fruit strength. The cultivar ‘Yubileinaya Kulikova’ produces a yield of 2.75 kg/bush, the fruits are large (with an average weight of 4.7 g), conical, bright crimson in color with a slight shine, the tasting score of the fruit is 4.1 points. It is distinguished by early and friendly ripening of the crop, completing fruiting in mid-September. The plants of the “Medvezhonok” cultivar have an upright bush habit with long, strongly branched fruit branches (laterals). The berries are large (about 5 g), fleshy, durable (crushing force 7.0 N), well separated from the flower, taste — 3.7 points. The yields is over 19 t/ha. It is promising for industrial cultivation technology, including mechanized harvesting. The cultivar ‘Salyut’ combines the ultra-early start of berry ripening (July 20–22), high yields (18.7 t/ha), large fruitedness (4.5 g), attractive appearance of fruits, dessert taste (4.2 points) with raspberry aroma, increased strength (7.7 N) and transportability. It is suitable for industrial production.

Keywords: primocane raspberry, cultivars, compactness, berry mass, productivity, taste, strength

Благодаря вкусу плодов, богатому биохимическому составу, лечебно-профилактическим свойствам и высокой стоимости, малина красная (*Rubus idaeus* L.) имеет устойчивую тенденцию к росту производства во многих странах мира. [4, 10, 12] При этом активнее инвестируются проекты, предусматривающие использова-

ние передовых технологий и современного сортимента с высоким потенциалом продуктивности и качества плодов. [9, 11] В мире насчитывается свыше 600 сортов малины, обладающих большим разнообразием по сочетанию хозяйственно ценных свойств. [5] В Государственный реестр селекционных достижений РФ,

* Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями» / The researches were carried out as part of the implementation of the state task of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery No. 0432-2021-0003 “Preserve, replenish, study genetic collections of agricultural plants and create repositories of fruit and berry crops laid down by plants free from harmful viruses”.

Таблица 1.

Краткие сведения о сортах

Показатель	Сорт		
	<i>Медвежонок</i>	<i>Салют</i>	<i>Юбилейная Куликова</i>
Селекционный номер	3-09-1	9-163-2	5-40-1
Происхождение	Неизвестно	13-118-1×1-16-11	29-101-20 св.оп.
Оригинатор	ФГБНУ ФНЦ Садоводства	ФГБНУ ФНЦ Садоводства, ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ»	ФГБНУ ФНЦ Садоводства
Авторы	Евдокименко С.Н.	Евдокименко С.Н., Подгаецкий М.А.	Евдокименко С.Н., Подгаецкий М.А.
Код сорта в Госреестре	8262601	7754058	8057444
Дата регистрации патента	—	23.05.2023	27.07.2023
Номер патента	—	12753	12998
Срок плодоношения	Ранний*	Ранний*	Ранний*

Примечание. * — на однолетних побегах.

допущенных к использованию (далее Госреестр) на 01.12.2023 года включено 102 сорта малины. [2] Несмотря на это, производители ягод часто испытывают трудности в подборе сортов, соответствующих их запросам.

Для совершенствования сортимента ведется постоянная селекционная работа, направленная на создание сортов, учитывающих требования современных технологий возделывания и послеуборочного хранения, а также запросы потребителей. За последние пять лет (2019–2023 годы) в Госреестр внесено 15 новых сортов малины, из которых один иностранной селекции, остальные — отечественной. [2] Волго-Вятский регион допуска пополнился двумя сортами селекции ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Сорт *Алая Россыпь* характеризуется высокой зимостойкостью, урожайностью, устойчивостью к малинному жуку, *Фрегат* — крупноплодностью, высокой устойчивостью к дидимелле, септориозу. [6] По Северо-Кавказскому региону включены сорта *Гармония* и *Руслана*, оригинатор — Никитский ботанический сад (НБС-ННЦ РАН). Эти сорта отличаются высокой урожайностью и товарными свойствами плодов. [8] Уральский регион допуска пополнился крупноплодным сортом *Ариша* ремонтантного типа плодоношения селекции Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства. [1] Три ремонтантных сорта *Малиновая Гряда*, *Самохвал* и *Похвалинка* из питомника «Школьный сад» включены в Госреестр по всем 12 регионам допуска. В сортимент малины Центрального региона допуска вошли еще семь сортов: *Лавина*, *Улыбка*, *Иван Купала*, *Медвежонок*, *Салют*, *Юбилейная Куликова* — селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства и *Даймонт Джубили* — оригинатор Erryworld Plus Limited (Великобритания).

Цель работы — оценить основные хозяйственно-биологические показатели нового сортимента малины ремонтантного типа, включенного в 2023 году в Госреестр по Центральному региону.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в 2020–2023 годах на коллекционном участке Кокинского опорного пункта ФГБНУ ФНЦ Садоводства в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. [7] Объект изучения — ремонтантные сорта *Медвежонок*, *Салют*, *Юбилейная*

Куликова (табл. 1). Контроль — раносозревающий сорт *Пингвин*.

Сравнительную оценку хозяйственно-биологических признаков и свойств сортов проводили на одно-возрастных растениях, посаженных в 2019 году, со схемой размещения 3,0 × 0,5 м. Почвы коллекционного участка серые лесные среднесуглинистые, характеризуются средним уровнем содержания гумуса (2,6%), высоким P₂O₅ (25...35 мг/100 г почвы) и низким K₂O (9,8...14,1 мг/100 г почвы). Стебли растений ремонтантных сортов малины ежегодно скашивали после плодоношения. Технология возделывания включала весеннюю азотную подкормку (30 кг/га по д.в.), регулярные междурядные обработки, двухразовую ручную прополку.

Результаты исследований анализировали с помощью методических разработок Б.А. Доспехова и программы Microsoft Excel. [3]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Фенотипическая оценка новых сортов малины ремонтантного типа позволила выявить морфологические особенности их надземной системы. Растения сортов *Медвежонок*, *Салют*, *Юбилейная Куликова* формируют среднерослые побеги высотой 145...150 см и по этому показателю превышают контрольный сорт *Пингвин* (табл. 2). Зона их осеннего плодоношения составляет 69,4...78,2 см, что на 23...39% больше, чем у контроля.

Таблица 2.

Морфометрические показатели растений ремонтантных сортов малины, 2020–2023 годы

Сорт	Высота побегов, см	Зона плодоношения, см	Количество плодовых веточек, шт.	Длина латералов Min...max, см	Компактность куста, балл
<i>Пингвин</i> (к)	120,0	56,3	16,5	5...25	4
<i>Медвежонок</i>	145,3	77,2	16,5	7...56	3
<i>Салют</i>	150,1	69,4	18,3	5...40	2
<i>Юбилейная Куликова</i>	148,7	78,2	19,3	4...20	2
НСР ₀₅	15,37	19,70	3,28	—	—

Таблица 3.

Компоненты продуктивности ремонтантных сортов малины, 2020–2023 годы

Сорт	Количество побегов, шт./куст	Масса ягод, г		Число генеративных органов на побеге, шт.		Биологическая продуктивность, г
		средняя	максимальная	лимиты (min...max)	среднее	
<i>Пингвин</i> (к)	4,1	3,6	5,8	75...136	106,3	1880,5
<i>Медвежонок</i>	3,8	4,9	8,6	154...287	212,0	3947,4
<i>Салют</i>	6,0	4,5	7,4	88...188	133,5	3577,0
<i>Юбилейная Куликова</i>	4,7	4,7	7,7	95...178	124,5	2750,2
НСР ₀₅	1,71	0,58	–	–	45,68	571,26

Изученные сорта не имеют существенных различий по числу плодовых веточек на побеге, но сильно отличаются по длине и архитектонике латералов. Осенние соцветия сорта *Юбилейная Куликова* представлены 18...22 короткими (4...20 см) плодовыми веточками с одним порядком ветвления. Благодаря этой морфологической особенности у сорта дружная отдача урожая, основная часть которого созревает за 5...6 недель. На однолетних побегах сорта *Салют* обычно формируется 17...20 плодовых веточек разной длины. Нижние латералы (5...6 шт.), как правило, длинные (30...45 см) с 2...3 порядками ветвления, а к верхушке резко уменьшаются (до 5...7 см). Наиболее сложное осеннее соцветие формируется у сорта *Медвежонок*. Оно образуется относительно небольшим числом (15...18 шт.) сильно разветвленных плодовых веточек. Нижние из них, особенно при редком стеблестое, достигают в длину до 50...70, а иногда и до 100 см, имеют 2...4 порядка ветвления и насчитывают по 35...50 шт. генеративных органов. В связи с этим, сорт имеет очень продолжительный период плодоношения (64...70 дн.).

Среди отечественного сортимента малины ремонтантного типа наиболее компактным габитусом куста обладает сорт *Пингвин* (4 балла). Для него характерно образование пряморослых, невысоких побегов с относительно короткими междоузлиями. Сорт *Медвежонок* тоже формирует пряморослые побеги не требующие опоры, но отличается длинными междоузлиями и плодовыми веточками, что не позволяет отнести его к компактным. *Салют* и *Юбилейная Куликова* уступают по компактности вышеперечисленным сортам. У них куст состоит из 5...6 полупряморослых побегов средней толщины, которые наклоняются под тяжестью урожая, но при этом не касаются поверхности почвы и поэтому они тоже не нуждаются в подвязке к шпалере.

Важный хозяйственный показатель сорта — продуктивность, которая зависит от составляющих ее компонентов. Побегообразовательная способность у сорта *Медвежонок*, формирующего в среднем на куст менее четырех побегов, — слабая, *Салюта*, *Юбилейной Куликова* и контрольного сорта *Пингвин* — средняя (4,1...6,0 шт./куст), при этом *Салют* существенно превосходит контроль по изучаемому показателю (табл. 3). Этот компонент продуктивности имеет высокую модификационную изменчивость и легко поддается регулированию с помощью агротехнических приемов и поэтому не входит в число приоритетных при селекции.

Масса ягод — не только компонент продуктивности, но и качественный показатель, влияющий на потребительские свойства сорта, а также производительность труда при ручной уборке урожая. Новые ремонтантные сорта малины относятся к крупноплодным, средняя

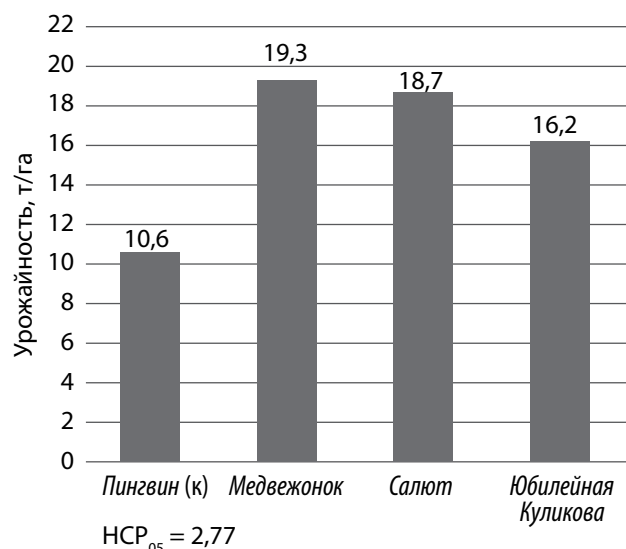
масса ягод по всем сборам у них составляет 4,5...4,9 г, что на 25,0...36,1% выше, чем у контрольного. При этом максимальная масса первых ягод достигает 7,4...8,6 г. В благоприятные для ремонтантной малины годы сорт *Медвежонок* способен формировать очень крупные плоды (2020 год — 5,4 г, 2022 — 5,1 г).

Побеги малины в кусте отличаются по силе развития и соответственнокладывают различное количество генеративных органов. В среднем за годы исследований наименьшее количество генеративных органов на побеге (106,3 шт.) насчитывалось у контрольного сорта *Пингвин*. Ежегодно большой многоплодностью (в среднем 212 шт./побег) выделялся сорт *Медвежонок*. *Юбилейная Куликова* и *Салют* имели средний уровень признака — 124,5 и 133,5 шт./побег соответственно.

Сравнительная оценка биологической продуктивности новых ремонтантных сортов малины показала, что все они существенно превосходят контроль. Биологическая продуктивность сорта *Юбилейная Куликова* в среднем за годы исследований составила 2750,2 г/куст или 146,2% контроля, *Салют* — 3577,0 (190,2), *Медвежонок* — 3947,4 г/куст (209,9%).

Урожайность малины ремонтантного типа зависит не только от потенциала продуктивности сорта, но и доли созревших ягод до наступления осенних заморозков, которая подвержена влиянию погоды. В годы исследований условия периода вегетации были контрастными по температурному режиму и количеству осадков, но в целом не способствовали полной реализации биологического потенциала продуктивности у ремонтантных сортов. Все изучаемые сорта, включая контрольный, входят в группу ранних по срокам плодоношения. Первым из них начинал созревать сорт *Салют*, у которого в условиях Брянской области начало этой фазы отмечалось 20...22 июля и длилось до III декады сентября. С 24...26 июля вступали в плодоношение сорта *Юбилейная Куликова* и *Медвежонок*, при этом у первого созревание завершалось к середине сентября, второго — в I декаде октября. Контрольный сорт *Пингвин* начинал созревать 26...28 июля и заканчивал в III декаде сентября.

Низкий температурный режим (средняя t воздуха — 12,5°C) и обильные дожди (166,3 мм) в сентябре, заморозки в I декаде октября 2021 года, а также стресс, вызванный весенним заморозком (минус 3,1°C) и недостаток влаги в апреле, мае и первой половине июня в 2023 году не позволили сорту *Медвежонок* реализовать свой потенциал продуктивности. Доля созревших плодов в структуре генеративных органов в эти сезоны у него составила 90,0...92,2%. Сорта *Пингвин*, *Салют* и *Юбилейная Куликова* даже в неблагоприятных погодных условиях для роста и плодоношения ремонтант-



Урожайность ремонтантных сортов малины, 2020–2023 годы.

ной малины ежегодно успевали полностью реализовать свой потенциал продуктивности.

Урожайность сортов *Юбилейная Куликова*, *Салют* и *Медвежонок* (в пересчете на 1 га) в среднем за годы исследований составила 16,2, 18,7 и 19,3 т/га соответственно. Это на 52,8...82,1% больше, чем у контроля. Лидером по урожайности оказался сорт *Медвежонок*, сочетающий в своем генотипе высокие уровни компонентов продуктивности (см. рисунок).

Оценка качества плодов выявила сорта с высокими товарно-потребительскими и технологическими свойствами. Наиболее привлекательным внешним видом обладают плоды сортов *Салют* и *Юбилейная Куликова* (табл. 4). У *Юбилейной Куликова* плоды конической формы яркой малиновой окраски с небольшим блеском, средним количеством среднесцеplенных между собой костянок. Вкус ягод – хороший (дегустационная оценка 4,1 балла) с тонким малинным ароматом. В них содержится до 8,7% РСВ, 6,5% сахаров, 1,5% кислот, до 93 мг/100 г витамина С. Прочность плодов средняя (5,5 Н), на уровне контрольного сорта, отделяемость от цветоноса хорошая (0,7 Н), что соответствует верхней границе оптимального значения.

Сорт *Салют* формирует ягоды правильной удлинненно-конической формы, красной окраски, с однородными, хорошо сцепленными между собой мелкими костянками. Вкус десертный (4,2 балла) с малинным

ароматом. В плодах содержится 8,7% РСВ, 1,6% органических кислот, 40...45 мг/100 г витамина С. Ягоды очень прочные (7,7 Н), транспортабельные, легко отделяются от цветоноса и по этим показателям пригодны к механизированной уборке урожая.

Сорт *Медвежонок* уступает по эстетическим свойствам и вкусу плодов изучаемым сортам, в том числе контрольному и пригоден в основном для переработки. Ягоды имеют неправильную коническую форму, костянки довольно крупные, неоднородные, светло-красного цвета со слабым восковым налетом, вкус посредственный (3,7 балла), с преобладанием кислоты, без аромата. В них содержится 7,9% РСВ, 5,5% сахаров, 1,6% кислот, до 57 мг/100 г витамина С. Плоды прочные (7,0 Н), мясистые, транспортабельные, хорошо снимаются с цветоноса и по этим критериям соответствуют требованиям к комбайновой уборке.

Выводы. Сорта малины *Медвежонок*, *Салют* и *Юбилейная Куликова* селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства представляют новое поколение ремонтантных сортов с большим потенциалом продуктивности и практически полной его реализацией в условиях Центрального региона России. Широкое внедрение их в промышленное производство позволит увеличить валовый сбор ягод малины и сократить зависимость от иностранных сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Аминова Е.В., Мережко О.Е., Тихонова М.А. Новый сорт малины Ариша // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. № 66. С. 7–12. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-66-7-12.
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [Электронный ресурс]. (дата обращения 11.01.2024)
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Евдокименко С.Н., Подгаецкий М.А. Современное состояние и перспективы селекции малины // Садоводство и виноградарство. 2022. № 4. С. 5–15. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-4-5-15.
- Лёгкая Л.В., Дмитриева А.М., Емельянова О.В. Итоги изучения сортов малины летнего срока созревания // Плодоводство. 2011. № 23. С. 235–239.
- Невоструева Е.Ю., Андреева Г.В. Современный сортимент малины летнего типа плодоношения для Волго-Вятского региона // Современное садоводство. 2022. № 3. С. 46–52. DOI: 10.52415/23126701_2022_0306.
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур /под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 374–395.
- Халилов Э.С., Челебиев Э.Ф., Арифова З.И. Оценка экономической эффективности выращивания новых сортов и гибридных форм яблони и малины селекции «НБС-ННЦ». Магарах // Виноградарство и виноделие. 2023. № 25 (3). С. 266–270. DOI: 10.34919/IM.2023.25.3.007.
- Bojkovska K, Joshevska F, Tosheva E et al. Global raspberries market trends and their impact on the Macedonian raspberries market // International Journal of Research and Review. 2021. Vol. 8. No. 2. PP. 362–369.
- Eremeeva N., Makarova N., Zhidkova E. et al. Ultrasonic and microwave activation of raspberry extract: antioxidant and anti-carcinogenic properties // Foods and Raw Materials. 2019. Vol. 7. No. 2. PP. 264–273. DOI: 10.21603/2308-4057-2019-2-264-273.

Таблица 4.
Качественные и технологические свойства плодов,
2020–2023 годы

Сорт	Внешний вид, балл	Вкус, балл	РСВ, %	Прочность плодов, Н	Усилие отрыва от цветоноса, Н
Пингвин (к)	4,5	3,8	8,4	5,4	0,55
Медвежонок	4,0	3,7	7,9	7,0	0,63
Салют	4,5	4,2	8,7	7,7	0,66
Юбилейная Куликова	4,5	4,1	8,7	5,5	0,70
HCP ₀₅	–	0,10	1,20	1,30	0,12

11. Kljajić N. Production and export of raspberry from the republic of Serbia // *Економіка*. 2017. Vol. 63. No. 2. PP. 45–53.
12. Milinković M., Vranić D., Đurić M., Paunović S. Chemical composition of organically and conventionally grown fruits of raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. Willamette // *Acta Agriculturae Serbica*. 2021. Vol. 26. No. 51. PP. 83–88. DOI: 10.5937/AASer2151083M.
7. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur /pod red. Ye.N. Sedova i T.P. Ogo'tsovoy. Orel: VNIISPK, 1999. S. 374–395.
8. Khalilov E.S., Chelebiyev E.F., Arifova Z.I. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti vyrashchivaniya novykh sortov i gibridnykh form yabloni i maliny seleksii «NBS-NNTS». Magarach // *Vinogradarstvo i vinodeliye*. 2023. № 25 (3). S. 266–270. DOI: 10.34919/IM.2023.25.3.007.
9. Bojkovska K, Joshevska F, Tosheva E et al. Global raspberries market trends and their impact on the Macedonian raspberries market // *International Journal of Research and Review*. 2021. Vol. 8. No. 2. PP. 362–369.
10. Eremeeva N., Makarova N., Zhidkova E. et al. Ultrasonic and microwave activation of raspberry extract: antioxidant and anti-carcinogenic properties // *Foods and Raw Materials*. 2019. Vol. 7. No. 2. PP. 264–273. DOI: 10.21603/2308-4057-2019-2-264-273.
11. Kljajić N. Production and export of raspberry from the republic of Serbia // *Економіка*. 2017. Vol. 63. No. 2. PP. 45–53.
12. Milinković M., Vranić D., Đurić M., Paunović S. Chemical composition of organically and conventionally grown fruits of raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. Willamette // *Acta Agriculturae Serbica*. 2021. Vol. 26. No. 51. PP. 83–88. DOI: 10.5937/AASer2151083M.

REFERENCES

1. Aminova Ye.V., Merezko O.Ye., Tikhonova M.A. Novyy sort maliny Arisha // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2021. № 66. S. 7–12. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-66-7-12.
2. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy [Elektronnyy resurs]. (data obrashcheniya 11.01.2024).
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Yevdokimenko S.N., Podgayetskiy M.A. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy seleksii maliny // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2022. № 4. S. 5–15. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-4-5-15.
5. Logkaya L.V, Dmitriyeva A.M., Yemel'yanova O.V. Itogi izucheniya sortov maliny letnego sroka sozrevaniya // *Plodovodstvo*. 2011. № 23. S. 235–239.
6. Nevostruyeva Ye.Yu., Andreyeva G.V. Sovremennyy sortiment maliny letnego tipa plodonosheniya dlya Volgo-Vyatskogo re-

Поступила в редакцию 22.01.2024

Принята к публикации 05.02.2024

УДК 63.631.8

DOI: 10.31857/S2500208224030117, EDN: yxgirt

ИННОВАЦИИ В МИРЕ УДОБРЕНИЙ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА*

Исмаил Лемиевич Даудов^{1,2}, старший преподаватель
Юсуп Мохамбекович Джабраилов¹
Магомед Мовлаевич Арсанов^{1, 2}

¹ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет имени А.А.Кадырова»,
г. Грозный, Чеченская Республика, Россия

²ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: ibragim-1991@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены перспективы применения медленно высвобождающихся удобрений (МВУ), методы и технологии их производства. В мире растет интерес к МВУ из-за их ключевой роли в увеличении урожайности и улучшении качества почвы. Ученые активно работают над получением технологий производства МВУ для повышения их эффективности и долговечности. В России этот сектор продемонстрировал стабильный рост, особенно в условиях меняющегося климата и повышенных требований к экологической безопасности. Несмотря на положительные тенденции, существуют проблемы высоких затрат на производство и сложности в распространении и внедрении инновационных решений. Для создания более эффективных и экологически устойчивых минеральных удобрений, включая МВУ, требуется активное внимание со стороны государства и частных инвесторов, а также тесное сотрудничество между академическим сообществом и промышленностью.

Ключевые слова: медленно высвобождающиеся удобрения, методы и технологии, эффективность сельского хозяйства, инновации, почвенная экосистема, оптимизация производства

* Проект осуществляется в рамках выполнения соглашения РНФ № 22-16-00092/ The project is carried out within the framework of the implementation of the RNF Agreement No. 22-16-00092.

I.L. Daudov^{1,2}, Senior LecturerYu.M. Dzhabrailov¹M.M. Arsanov^{1,2}¹Kadyrov Chechen State University, Grozny, Chechen Republic, Russia²FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia

E-mail: ibragim-1991@mail.ru

Abstract. *The prospects for the use of slow-release fertilizers (SRF), methods and technologies for their production are considered. There is growing interest in SRFs around the world due to their key role in increasing crop yields and improving soil quality. Scientists are actively working to obtain technologies for the production of SRFs to increase their efficiency and durability. In Russia, this sector has also demonstrated stable growth, especially in the context of a rapidly changing climate and increased requirements for environmental safety. Despite the positive trends, there are problems of high production costs and difficulties in disseminating and implementing innovative solutions. For the development of more efficient and environmentally sustainable mineral fertilizers, including SRF, requires active attention from government and private investors, as well as close cooperation between academia and industry.*

Keywords: *slow-release fertilizers, methods and technologies, agricultural efficiency, innovation, soil ecosystem, production optimization*

Сельское хозяйство — один из основных секторов экономики во многих странах мира, особенно в России. Повысить эффективность сельского хозяйства и преодолеть проблемы изменения климата, деградации и снижения уровня плодородия почвы можно с помощью удобрений. В последние десятилетия увеличивается внимание к медленно высвобождающимся минеральным удобрениям (МВУ).

Стабильное и равномерное поступление питательных веществ к растениям в течение длительного времени способствует повышению урожайности и качества продукции, снижает риск гниения почвы и загрязнения воды. Поэтому МВУ можно широко использовать в сельском хозяйстве для удобрения различных культур как на открытых грядках, так и в закрытых системах. В российском сельском хозяйстве, которое часто сталкивается с неблагоприятными климатическими условиями и ограниченными ресурсами, медленно высвобождающиеся удобрения могут быть особенно полезны для обеспечения стабильных уровней урожайности и эффективного применения почвенных ресурсов. [1, 2, 5]

В свете растущего научного интереса к устойчивому сельскому хозяйству и экологической безопасности, МВУ становятся все более значимым инструментом для оптимизации производства и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Цель работы — определить направления эффективности и экологической безопасности медленно высвобождающихся удобрений, отметить инновационные методы их использования, выделить наиболее перспективные технологии изготовления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы провели обзор состояния рынка МВУ как в России, так и на мировом уровне, основных тенденций и вызовов. Изучение этих аспектов важно для понимания текущего статуса и потенциала МВУ в сельском хозяйстве, выявления направлений для дальнейших исследований и инноваций в этой области. [8, 9]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рост спроса. В последние годы наблюдается увеличение спроса на МВУ вследствие растущего осознания необходимости устойчивого сельского хозяйства

и проблем экологии. Фермеры и сельскохозяйственные предприятия проявляют все больший интерес к удобрениям, обеспечивающим долговременное, равномерное высвобождение питательных веществ.

Технологические инновации. Мировые производители МВУ активно разрабатывают технологии производства, направленные на повышение эффективности удобрений, их долговечности и точности распределения почвенных ресурсов. Это включает новые типы покрытий удобрений, микрокапсуляцию и другие методы, способствующие контролируемому высвобождению питательных веществ.

Экономическая эффективность. Стоимость МВУ может быть выше, чем у обычных минеральных удобрений из-за специфического производственного процесса. Однако они часто обеспечивают более высокие урожаи, сокращая затраты на труд и снижая расходы на повторное удобрение, в конечном итоге делая их экономически выгодными.

Регулирование и сертификация. Некоторые страны имеют строгие законодательные требования к удобрениям, включая МВУ, в связи с их опасностью для окружающей среды и человека. Это влияет на процесс сертификации и введение новых продуктов на рынок. По прогнозу роста рынка контролируемых удобрений к 2025 году предполагается увеличение до 3,2 млрд \$ с прогнозируемой ставкой роста 6,3% (2020 год — 2,4 млрд \$). Факторы, способствующие расширению этого рынка, включают повышенный спрос на более эффективные удобрения, поддержку правительственных регуляций, возросший интерес к культурам высокой стоимости и существенные инвестиции от ведущих игроков отрасли. Эти удобрения эффективно борются с растущими экологическими проблемами, связанными с потерей питательных веществ через выщелачивание почвы и сток, которые часто возникают из-за чрезмерного использования традиционных удобрений.

Существуют проблемы стандартизации производства удобрений, а также обучения специалистов их правильному использованию. Недостаточные знания могут быть препятствием для широкого принятия МВУ в сельском хозяйстве. [7]

Дальнейшие инвестиции в исследования, инновации и образование помогут развить этот сектор и увеличить его значимость в сельском хозяйстве. [3, 4]

Многие компании и научные институты в России и за рубежом активно разрабатывают новые формулы и технологии для производства медленно высвобождающихся минеральных удобрений.

Внедрение МВУ может иметь значительные экономические и социальные последствия. Повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции приведет к увеличению доходов фермеров и улучшению благосостояния сельских сообществ. Кроме того, применение более экологически чистых удобрений сохранит природные ресурсы.

Основные методы производства медленно действующих минеральных удобрений.

Один из распространенных методов заключается в нанесении смол или полимеров на минеральные удобрения. Эти материалы создают защитное покрытие вокруг гранул удобрений, контролируя температуру и скорость высвобождения питательных веществ. Такой подход позволяет обеспечить стабильное и долгосрочное питание растений, а также улучшает устойчивость удобрений к воздействию погодных условий и снижает риск потери питательных веществ.

Медленно действующие удобрения могут быть сформированы с использованием матриц, которые контролируют высвобождение питательных веществ. Эти матрицы изготавливают из различных материалов (смолы, полимеры, воск). Удобрения на основе матриц помогают более точному контролю скорости и времени высвобождения питательных веществ.

В создании МВУ нашли применение нанотехнологии. Наночастицы контролируют процессы поглощения и транспортировки питательных веществ растениями, что повышает эффективность удобрений.

Некоторые методы включают использование микроорганизмов, таких как бактерии или грибы, способных постепенно разлагать удобрения по мере необходимости для растений.

Метод инкапсуляции заключается в обработке минеральных удобрений специальными полимерными оболочками или капсулами. Оболочки постепенно растворяются под воздействием влаги и микроорганизмов в почве, высвобождая питательные вещества на протяжении продолжительного периода.

Синтез минеральных удобрений в присутствии специальных добавок, которые замедляют и контролируют скорость их растворения.

Метод измельчения и гранулирования минеральных удобрений до определенного размера частиц.

Добавление специальных аминокислот или других органических добавок к минеральным удобрениям поможет улучшить их эффективность и привести к более стабильному, долгосрочному поступлению питательных веществ к растениям.

Эти методологии не только обеспечивают устойчивое питание растений, но и снижают негативное воздействие на окружающую среду, связанное с избыточным использованием удобрений.

Исследования в области разработки медленно действующих минеральных удобрений показали перспективные результаты, открывая новые горизонты для современного сельского хозяйства. Один из значительных прорывов — разработка специальных полимеров и смол, способных обеспечивать контролируемое высвобождение питательных веществ в течение продолжительного времени. Эти материалы не только

повышают эффективность усвоения питательных веществ растениями, но и минимизируют риск их недостатка или избытка, что приводит к увеличению продуктивности и качества продукции.

Ученые сосредотачивают внимание на оптимизации процессов производства удобрений, делая их более эффективными и экономически целесообразными. Новые технологии и методы могут значительно снизить затраты на производство и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, что становится важным шагом в направлении устойчивого сельского хозяйства. Одна из наиболее эффективных технологий производства медленно действующих минеральных удобрений была разработана российскими учеными И.М. Баматовым и коллегами с использованием химического потока в реакторе v-star. [6]

Нанотехнологии обеспечивают создание материалов с уникальными свойствами, такими как контролируемая пористость и повышенная стойкость к воздействию окружающей среды. Это открывает новые возможности для точного контроля поступления питательных веществ в почву.

Одно из перспективных направлений исследований — изучение возможности использования микроорганизмов для создания МВУ. Биологически активные препараты способствуют более эффективному усвоению питательных веществ растениями из почвы и улучшают их защитные функции.

Параллельно с разработкой новых удобрений ученые оценивают их экологическую эффективность для минимизации потенциальных негативных воздействий на окружающую среду.

Важно отметить роль образовательных программ и практик, направленных на обучение сельскохозяйственных производителей применению новых технологий и методов. Разработка рекомендаций по оптимальному использованию удобрений и внедрение инновационных подходов помогает снижать негативное воздействие на окружающую среду.

Сотрудничество между научными исследовательскими институтами, промышленными предприятиями и сельскохозяйственными сообществами способствует более быстрой коммерциализации инноваций и их успешной реализации на практике.

Разработка интегрированных систем управления удобрениями, учитывающих индивидуальные потребности растений, типы почв, климатические условия и другие факторы, определяющие эффективность применения удобрений, позволит достигнуть высоких результатов при минимальном количестве ресурсов.

Таким образом, исследования в области создания медленно действующих минеральных удобрений открывают новые перспективы для сельского хозяйства по увеличению урожайности, улучшению качества продукции и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Инновационные материалы и технологии, разработанные учеными, становятся важным инструментом в стремлении к устойчивому и эффективному сельскому хозяйству в будущем. Благодаря им возникают новые возможности для оптимизации производства, улучшения использования ресурсов. Проводимые исследования в этой области увеличивают наши знания о влиянии удобрений на почвенную экосистему.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баматов И.М., Васильева Н.А., Владимиров А.А. и др. Влияние полимерной модификации комплексного удобрения на эффективность использования фосфора и калия озимой пшеницей на южном черноземе // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2022. № 113. С. 90–109. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-113-90-109.
2. Баматов И.М., Перевертин К.А., Абасов Ш.М., Хамурзаев С.М. Влияние биополимерной модификации минеральных удобрений на продуктивность зерна озимой пшеницы и основные элементы плодородия почвы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43.
3. Перевертин К.А., Баматов И.М. Адаптация земледелия России в современных условиях беспрецедентных вызовов (пример удобрений пролонгированного действия) // Воспроизводство плодородия почв и создание устойчивых агробиоценозов: Мат. Междунар. науч.-практ. конф. «110 лет длительному полевому стационарному опыту РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 30 июня 2022 года. Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 139–142.
4. Перевертин К.А. Баматов И.М., Белолубцев А.И. Перспективы практики применения оригинальных агрохимических препаратов пролонгированного действия для контроля популяций фитопаразитов // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2023. № 24. С. 365–369. DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.365-369.
5. Bamatov I.M., Arsanov M.M., Sapaev K.K. The obtainment process of biopolymer coated npk fertilizer and its comparison with analog on berry plants // Key Engineering Materials. 2021. Vol. 899 KEM. P. 361–367. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.899.361.
6. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Bamatov D.M. Development of the chemical reactor V-star for continuous flow reactions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Workshop “Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering MIP: Engineering. 2019, Krasnoyarsk, 4–6 апреля 2019 год / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 537. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 32020. DOI: 10.1088/1757-899X/537/3/032020. EDN: BYXYKO.
7. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Zanirov A.Kh. Influence of biopolymericmodification of mineral fertilizers on the productivity and quality of winter wheat grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32023. DOI: 10.1088/1755-1315/421/3/032023. EDN: SBQOYM.
8. Brown M.P., Austin K. The New Physique (Publisher Name, Publisher City, 2005). PP. 25–30.
9. Smith C.D., Jones E.F. “Load-cycling in cubic press” in Shock Compression of Condensed Matter-2001, AIP Conference Proceedings 620, edited by M.D. Furnish et al. (AIP Publishing, Melville, NY, 2002). PP. 651–654.

REFERENCES

1. Bamatov I.M., Vasil'eva N.A., Vladimirov A.A. i dr. Vliyaniye polimernoy modifikatsii kompleksnogo udobreniya na effektivnost' ispol'zovaniya fosfora i kaliya ozimoy pshenicey na yuzhnom chernozeme // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2022. № 113. S. 90–109. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-113-90-109.
2. Bamatov I.M., Perevertin K.A., Abasov Sh.M., Hamurzaev S.M. Vliyaniye biopolimernoy modifikatsii mineral'nykh udobreniy na produktivnost' zerna ozimoy pshenicy i osnovnyye elementy plodorodiya pochvy // Vestnik Rossijskoj sel'skhozaystvennoj nauki. 2022. № 6. S. 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43.
3. Perevertin K.A., Bamatov I.M. Adaptatsiya zemlepol'zovaniya Rossii v sovremennykh usloviyakh besprecedentnykh vyzovov (primer udobreniy prolongirovannogo dejstviya) // Vospriizvodstvo plodorodiya pochv i sozdanie ustojchivyykh agrobiotsenozov: Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «110 let dlitel'nomu polevomu stacionarnomu opytu RGAU-MSHA imeni K.A. Timiryazeva», Moskva, 30 iyunya 2022 goda. Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2022. S. 139–142.
4. Perevertin K.A. Bamatov I.M., Belolyubcev A.I. Perspektivy praktiki primeneniya original'nykh agrokhimicheskikh preparatov prolongirovannogo dejstviya dlya kontrolya populyatsij fitoparazitov // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. 2023. № 24. S. 365–369. DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.365-369.
5. Bamatov I.M., Arsanov M.M., Sapaev K.K. The obtainment process of biopolymer coated npk fertilizer and its comparison with analog on berry plants // Key Engineering Materials. 2021. Vol. 899 KEM. P. 361–367. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.899.361.
6. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Bamatov D.M. Development of the chemical reactor V-star for continuous flow reactions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Workshop “Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering MIP: Engineering. 2019, Krasnoyarsk, 4–6 aprelya 2019 god / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 537. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 32020. DOI: 10.1088/1757-899X/537/3/032020. EDN: BYXYKO.
7. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Zanirov A.Kh. Influence of biopolymericmodification of mineral fertilizers on the productivity and quality of winter wheat grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 noyabrya 2019 goda / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32023. DOI: 10.1088/1755-1315/421/3/032023. EDN: SBQOYM.
8. Brown M.P., Austin K. The New Physique (Publisher Name, Publisher City, 2005). PP. 25–30.
9. Smith C.D., Jones E.F. “Load-cycling in cubic press” in Shock Compression of Condensed Matter-2001, AIP Conference Proceedings 620, edited by M.D. Furnish et al. (AIP Publishing, Melville, NY, 2002). PP. 651–654.

Поступила в редакцию 13.02.2024
Принята к публикации 27.02.2024

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ЗАЩИТЫ ЯБЛОНИ ОТ ДОМИНИРУЮЩИХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ*

Евгений Алексеевич Егоров, академик РАН, профессор
Марина Ефимовна Подгорная, кандидат биологических наук
Светлана Владимировна Прах, кандидат биологических наук
Анастасия Ивановна Кiek, аспирант

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Россия
E-mail: podgornayame@mail.ru

Аннотация. В статье представлено обоснование биологической эффективности защитных мероприятий агроценоза яблони от доминирующих чешуекрылых вредителей. Приведены закономерности развития плодopовреждающих фитофагов, дан анализ малотоксичных средств защиты по критериям адаптивности, биологизации и рациональности природопользования. Установлено, что в условиях усиления химико-техногенного прессинга на яблоневые агроценозы, под воздействием изменяющихся абиотических факторов, отмечена высокая пластичность чешуекрылых вредителей, которая проявилась в быстром восстановлении численности в течение одного вегетационного периода, отсутствии разрыва между генерациями (во второй половине вегетации наложение лёта первого и второго летнего поколения, присутствие всех стадий вредителей одновременно — *Cydia pomonella* L. и *Euzophera bigella* Zell.). Проведен анализ систем защиты яблони, основанных на применении высокоэффективных биорациональных, малотоксичных химических и биологических препаратов, обладающих обновленными технологическими характеристиками (снижение пестицидного прессинга на агроценоз, получение высокого качества урожая, стабилизация фитосанитарной ситуации). Установлено, что максимально эффективный и безопасный метод против чешуекрылых вредителей — хеморегуляторный с использованием ингибиторов синтеза хитина, на их долю приходится 80% общего количества препаратов с данным механизмом действия. Эффективность таких инсектицидов против яблонной и двуполосой огневки плодoжорки составляет 90–98%.

Ключевые слова: агроценоз яблони, энтомоценоз, чешуекрылые вредители, биологическая эффективность, инсектициды

TECHNOLOGICAL METHODS FOR PROTECTING APPLE TREES FROM DOMINANT LEPIDOPTERAN PESTS

E.A. Egorov, Academician of the RAS, Professor
M.E. Podgornaya, PhD in Biological Sciences
S.V. Prah, PhD in Biological Sciences
A.I. Kiek, PhD Student

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, Krasnodar, Russia
E-mail: podgornayame@mail.ru

Abstract. The article presents a rationale for the biological effectiveness of protective measures for apple tree agroecosystem from dominant lepidopteran pests, which are based on the study of a single integral ecosystem of the garden. The patterns of development of fruit-damaging phytophages are presented, and an analysis of low-toxic means of protection is given according to the criteria of adaptability, biologization and rationality of environmental management. It was established that under conditions of increasing chemical and technogenic pressure on apple agroecosystems, under the influence of changing abiotic factors, the manifestation of high plasticity of lepidopteran pests was noted, which manifested itself in the rapid restoration of numbers during one growing season, the absence of a gap between generations; in the second half of the growing season there is a layering of summer of the first and second summer generations, the presence of all stages of pests simultaneously (codling moth and two-striped codling moth). An analysis of insecticides was carried out in order to identify effective drugs for use in adaptive systems for protecting apple tree plantings from lepidopteran pests based on the use of highly effective biorational, low-toxic chemical and biological drugs of a new generation, with updated technological characteristics: reducing pesticide pressure on the agroecosystem, obtaining high quality crops, stabilization phytosanitary situation. It has been established that the most effective and safe method against lepidopteran pests is chemoregulatory, which is based on the use of chitin synthesis inhibitors; they account for 80% of the total number of drugs with this mechanism of action. The effectiveness of such insecticides against codling moth and double-striped codling moth is 90–98%.

Keywords: apple tree agroecosystem, entomocenosis, lepidopteran pests, biological effectiveness, insecticides

Современные технологии, воспроизводящие системы и процессы живой природы согласно проекту «Стратегии развития природоподобных (конвергентных) технологий на период до 2030 года», будут создаваться в виде технологических процессов, интегри-

рованных в естественный природный ресурсооборот. Основная база таких технологий — знания о биологизации, экологизации и рациональном природопользовании. [7] В обеспечении устойчивости агроценозов, снижении негативных последствий в результате

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/105 / The research was carried out with the financial support of the Kuban Scientific Foundation within the framework of the scientific project No. IFI-20.1/105.

климатических и химико-техногенных воздействий на элементы агроценоза приоритетная роль отводится биологизации, то есть наиболее полному вовлечению в воспроизводственные процессы естественных биологических ресурсов и повышению потенциала самих растений посредством применения биотехнологий. [5]

В последнее десятилетие наблюдается потепление климата, что приводит к увеличению вредоносности и расширению видового разнообразия вредителей. Энтомокомплекс многолетних агроценозов нестабилен и зависит от зоны произрастания, возраста сада, технологии выращивания, породно-сортового состава и погодных условий вегетационного периода.

В плодовых насаждениях, как и естественных ценозах, создается долговременное биологическое сообщество, которому свойственна саморегуляция, но в отсутствии защитных мероприятий не обеспечивается высокая экономическая эффективность и качество плодов. Поэтому, актуальны научные исследования по разработке адаптивных технологий защиты против фитофагов согласно зональным особенностям, структуры агроценоза сада и биологических особенностей вредителей.

Цель работы — получение адаптивных технологий защиты насаждений яблони от чешуекрылых вредителей на основе многолетнего мониторинга с применением высокоэффективных биорациональных, малотоксичных химических и биологических препаратов, обладающих обновленными технологическими характеристиками: снижение пестицидного прессинга на агроценоз, достижение высокого качества урожая, стабилизация фитосанитарной ситуации, оптимизация производственных издержек в соответствии с требованиями интенсивных технологий в садоводстве и защите растений Краснодарского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в крупных промышленных хозяйствах Краснодарского края: СХ АО «Новомихайловское», ИП «Молчанов» (Туапсинский район) и АО ОПХ «Центральное» (г. Краснодар) на площади более 200 га. Работу выполняли по общепринятым методикам. Видовую принадлежность вредных объектов устанавливали с помощью атласов-определителей. [3, 6, 8, 9] Биологическую эффективность оценивали согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве». [2] Поврежденные плоды учитывали в два этапа — подсчетом упавших с дерева и поврежденных яблонной и двуполосой огневкой-плодожоркой на плошадке, равной проекции кроны, а также поврежденных плодов съемного урожая из 300 просмотренных с каждого учетного дерева. Показатели биологической эффективности рассчитывали по формуле Аббота.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В агроценозах яблони Краснодарского края снижение урожайности и стандартности плодов происходит в первую очередь из-за повреждений, наносимых чешуекрылыми вредителями отряда *Lepidoptera*, среди которых доминируют семейства *Tortricidae* (45,0%), *Pyrilidae* (10), *Geometridae* (10), *Noctuidae* (10%). На тер-

ритории края к плодopовреждающим вредителям относятся *Cydia pomonella* L., *Euzophera bigella* Zell., *Grapholitha molesta* (Busck), на их долю приходится более 70% общего объема проводимых защитных мероприятий.

Разработку эффективной технологии защиты яблони от вредителей необходимо осуществлять с учетом биологических особенностей развития фитофагов (фенология, сезонная динамика лёта, вредоносность на разных сортах яблони и зонах садоводства), фазы развития растения, численности фитофага, погодных условий текущей вегетации.

В меняющихся абиотических условиях ответная реакция яблонной плодopожки проявляется прежде всего в динамике численности. Температурный режим зимне-весеннего периода влияет на процесс окукливания (март — начало апреля) и сроки вылета бабочек. В течение трех лет начало лёта фиксируется во II—III декадах апреля, массовый лёт — с конца апреля — начала мая. Лёт имаго фитофага в вегетацию 2022 года начался согласно среднемноголетним показателям, бабочек перезимовавшего поколения отмечали в фазе «розовый бутон» — 23 апреля, при сумме эффективных температур (СЭТ) 71,1°C. Продолжительность лёта первой генерации вредителя наблюдали с 23 апреля по 18 июня. Средняя численность на ловушку имаго — до 9 экз., максимальная — до 30 экз. за 4...5 дн. Массовый лёт и яйцекладка происходили в фазе «опадение ¼ лепестков», первые гусеницы фитофага появились 4...8 мая при сумме эффективных температур 125,7°C. Появление гусениц вредителя наблюдали с 20 мая, при СЭТ 154,2°C, начало окукливания — с 4...8 июня. Таким образом, длительность лёта перезимовавшего поколения яблонной плодopожки составила в среднем 50 дн. — с начала апреля до конца I декады июня, на развитие поколения потребовалась сумма эффективных температур 437,3°C (табл. 1).

В результате изучения биоэкологических особенностей яблонной плодopожки, проведенного в вегетационный период 2018—2022 годов, отмечено, что наиболее вредоносная и многочисленная вторая летняя генерация вредителя. Начиная с первой летней генерации нарастание численности до 9...30 экз. на ловушку за 4...5 дн. Осадки ливневого характера, непостоянный температурный режим в период развития фитофага оказывают влияние на динамику его лёта, при таких погодных условиях в процессе развития перезимовавшего поколения яблонной плодopожки наблюдается до одиннадцати выраженных пиков. Асинхронное изменение в динамике лёта и развитии вредителя — пики лёта происходили в разные сроки, следовательно, появление уязвимых фаз фитофага, по которым планируются защитные мероприятия, имели существенные отличия по годам исследования.

Биоэкологические особенности двуполосой огневки-плодopожки отличаются от яблонной тем, что *E. bigella* в течение вегетационного сезона способна сменить кормовое растение, начало развития перезимовавшего поколения начинается позже на 20...25 дн., следовательно, за вегетацию происходит асинхрон развития вредителей. Наблюдение за биологией фитофага в вегетационный период 2022—2023 годов показало, что минимальная зимняя температура (минус 13°C) не снизила их численность. Такие условия благоприятны для перезимовки диапазирующих гусениц. Установлено, что продолжительные ливневые дожди в период

Таблица 1.

Биологические особенности развития яблонной плодовой в прикубанской зоне садоводства Краснодарского края в вегетацию по годам

Стадия развития	Сумма эффективных температур, °С					Коэффициент вариации, %
	2018	2019	2020	2021	2022	
Начало лёта перезимовавшего поколения	81,1	81,4	72,9	80,5	71,1	4,8
Начало яйцекладки	104,0	107,5	104,6	108,5	125,7	5,5
Начало отрождения гусениц	209,0	184,0	162,4	178,3	154,2	17,7
Массовое отрождение	253,1	242,8	239,8	238,9	241,3	4,1
Начало окукливания	440,4	476,5	448,5	474,5	437,3	3,3
Начало лёта первого летнего поколения	657,7	698,3	638,1	624,5	612,2	1,8
Начало яйцекладки	707,8	742,2	721,4	730,2	644,1	0,2
Начало отрождения гусениц	824,1	840,3	839,4	836,4	709,6	1,7
Массовое отрождение	892,7	981,7	951,5	887,7	845,1	2,1
Начало окукливания вредителя	1006,4	1064,9	1054,1	986,1	1080,1	3,1
Начало лёта имаго второго летнего поколения	1165,3	1117,4	1088,8	1138,4	1430	1,9
Начало яйцекладки	1425,5	1305,8	1262,1	1211,8	1472	6,7
Начало отрождения гусениц	1478,1	1436,2	1363,6	1398,1	1667	0,6
Начало окукливания	1567,9	1556,0	1542,6	1530,1	1890	3,1

лёт бабочек препятствуют осуществлению внутривидовых феромонных коммуникационных связей между особями, о чем свидетельствует резкое снижение количества самцов фитофага в ловушках. В период обильного выпадения осадков снижается репродуктивный потенциал популяции, что вызывает не только уменьшение численности отловленных самцов, но и влияет на дальнейшее развитие вредителя.

Таким образом, в результате изучения биоэкологических особенностей доминирующих плодоядных фитофагов определены адаптационные поведенческие критерии в развитии: высокая пластичность вредителей к изменившимся погодным условиям — разные сроки начала лёта в разрезе среднесезонных данных; потенциал к восстановлению численности в течение одного вегетационного периода — от средней до высокой, увеличение общего количества особей в пять раз за вегетацию и численности фитофага в кварталах, находящихся на одном месте 15...16 лет и более.

Государственный каталог агрохимикатов и пестицидов, разрешенных к применению на территории РФ, содержит достаточное количество химических и микробиологических инсектицидов, позволяющих осуществлять контроль яблонной плодовой. На Юге России для успешной защиты от фитофага проводят от 8 до 12 обработок.

Интенсивное многолетнее применение средств защиты, относящихся к разным химическим классам, вызывает серьезные нарушения в садовом биоценозе. В результате развития резистентности и уничтожения естественных врагов вредителей происходит массовое размножение отдельных видов и смена доминантных. Под влиянием пестицидов фитосанитарная обстановка в садах дестабилизируется, поэтому необходимо максимально снизить токсическую нагрузку, при этом сохранить эффективность защитных мероприятий. Особую актуальность эта проблема приобрела после внесения изменений в Федеральный закон № 522-ФЗ от 31.12.2020 года «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» в части совершенствования государственного контроля в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами», согласно

которого с 1 сентября 2022 года утверждена федеральная государственная информационная система прослеживаемости пестицидов и агрохимикатов на территории РФ (ФГИС ППА «Сатурн»), учету подлежат удобрения и средства защиты для борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственной продукции, произведенные в России и ввезенные в страну из-за рубежа для продажи. [10]

По результатам анализа инсектицидов, входящих в «Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» против яблонной плодовой в насаждениях яблони, наблюдается тенденция к возрастанию ассортимента, в 2023 году количество зарегистрированных продуктов увеличилось в 2,1 раза, по сравнению с 2020. Список представлен 95 препаратами с различными действующими веществами из 26 химических классов и двух феромонов. По гигиенической классификации для человека 25% препаратов имеют 2 класс опасности, 66 — 3 и 9% — 4 класс. Наиболее токсичны инсектициды в отношении пчел — 61% относится к 1 классу опасности, 11 — 2 и 28% к 3 классу, что позволяет построить адаптивные технологии для контроля численности фитофагов, исходя из механизма действия на вредный объект и ориентируясь на экологичность. [1]

В системе защитных мероприятий против чешуекрылых вредителей наиболее эффективный и экологически безопасный метод борьбы с фитофагами — хеморегуляторный, он подразумевает использование ингибиторов синтеза хитина, на их долю приходится 80% общего количества препаратов с данным механизмом действия. Эффективность таких инсектицидов против яблонной плодовой и двуполосой огневки плодовой составляет 90...98% (табл. 2).

Вторая химическая группа препаратов на основе ювеноидов применяется в чистом виде и смеси с ингибиторами синтеза хитина. Она контролирует плодоядных вредителей на уровне 90...99%.

Для стабилизации, восстановления агроценозов и регулирования численности фитофагов используют биоинсектициды с энтомопатогенными организмами и вирусами.

Таблица 2.

Эффективность хеморегуляторного метода (гормоны) в контроле *Cydia pomonella* L. и *Euzophera bigella* Zell., 2019–2023 годы

Препарат	Норма расхода	Действующее вещество	Химический класс	Биологическая эффективность, %
Герольд, ВСК	1 л/га	Дифлубензурон 240 г/л		90...92
Димилин, ВДГ	0,3...0,6 кг/га	Дифлубензурон 800 г/кг	Бензамиды+ингибиторы синтеза хитина (ИСХ)+фторорганические соединения	96...99
Матч, КЭ	1 л/га	Люфенурон 50 г/л		90...97
Твинго, КС	0,75...1,2 л/га	Дифлубензурон 180 г/л+ имидаклоприд 45 г/л	Бензамиды+ингибиторы синтеза хитина (ИСХ) + неоникоти- ноиды + фторорганические соединения	98...99
Инсегар, ВДГ	0,6 кг/га	Феноксикарб 250 г/кг	Карбаматы + ювеноиды	93...99
Люфокс, КЭ	0,8...1,2 л/га	Феноксикарб 75 г/л+ Люфенурон 30 г/л	Бензамиды + ингибиторы синтеза хитина (ИСХ) + карбама- ты + фторорганические соединения + ювеноиды	96...99
Проклэйм, ВРГ	0,4...0,5 кг/га	Эмаектин		97...99
Юнона, МЭ	0,4...0,5 л/га	Бензоат 50 г/л	Авермектины + антибиотические препараты + биологиче- ские пестициды	95...99
Фитоверм, КЭ	0,08...0,16 л/га	Аверсектин С 50 г/л		92...97

Наиболее распространен контроль насекомых вредителей, в том числе яблонной плодовой гнили, с использованием энтомопатогенных бактерий рода *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* и *Bacillus thuringiensis*, var. *thuringiensis*, их эффективность — 60...88%. Целевые бактериовирусные препараты контролируют яблонную плодовую гниль на уровне 78...90%.

В качестве альтернативных методов в садах яблони возможно применение диспенсеров Шин-Етсу МД Дуо ТТ, Д и Бриз. Высокие показатели биологической эффективности (98...99%) против яблонной и восточной плодовой гнили получены в черноморской зоне садоводства Краснодарского края (СХ АО «Новомихайловское»), где в 2021–2023 годах в производственных

Таблица 3.

Сравнительная оценка эколого-экономической эффективности систем защиты насаждений яблони сорта Айдаред по годам

Показатель	2020		Отклонение, (+/-)	2021		Отклонение, (+/-)	2022		Отклонение, (+/-)
	система защиты			система защиты			система защиты		
	химическая	биологическая		химическая	биологическая		химическая	биологическая	
Биологическая и экологическая эффективность									
Биологическая эффективность защиты от вредителей, %:	97,8...98,4	90,3...95,8		94,3...97,6	92,7...98,4		95,6...98,3	93,5...97,2	
Снижение пестицидной нагрузки:									
%			11,9			15,2		14,9	
кг (л)/га			3			8,4		8	
Эколого-экономическая									
Стандартность плодов, %	87,1	85,2	-1,9	95,7	98,8	3,1	88,3	85,4	-2,9
Урожайность, т/га	19,8	19,9	0,1	30,7	31,6	0,9	31,2	32,3	1,1
Издержки на защитные мероприятия, всего, тыс.руб./га, в том числе:	176,8	132,6	-44,2	201,5	151,2	-50,4	241,9	184,4	-57,4
защита от вредителей	47,7	35,8	-11,9	54,4	40,8	-13,6	65,3	49,8	-15,5
Издержки на производство продукции, тыс.руб./га	771,2	728,5	-42,7	1027,7	990,2	-37,4	1148,8	1108,6	-40,2
Доля издержек на защитные мероприятия в структуре затрат на производство, %	23,1	17,4	-5,7	19,6	15,3	-4,3	21,1	16,6	-4,4
Доход от реализации, тыс.руб./га	1064,6	1070,0	5,4	1576,4	1622,6	46,2	1643,9	1701,8	58,0
Прибыль от реализации, тыс.руб./га	293,4	341,5	48,1	548,7	632,4	83,7	495,0	593,2	98,2
Совокупные издержки в сопоставлении с доходом, %	72,4	68,1	-4,4	65,2	59,4	-5,8	69,9	65,1	-4,7
Рентабельность, %:			0,0						
продукции	38,0	46,9	8,8	53,4	63,9	10,5	43,1	53,5	10,4
продаж	27,6	31,9	4,4	34,8	39,0	4,2	30,1	34,9	4,7

насаждениях на площади 10 га испытывали феромон Шин-Етсу МД Дуо ТТ, Д (первый двухкомпонентный диспенсер, зарегистрированный как инсектицид для одновременного контроля двух видов вредителей — яблонной и восточной плодовой жорки). Эффективен в течение всего вегетационного сезона при однократном развешивании с нормой 500 диспенсеров на га (1 диспенсер на 20 м²) перед началом лета перезимовавшего поколения фитофага.

В технологии получения стабильного урожая плодоносящих садов яблони во всех типах хозяйств и зонах садоводства целесообразно пользоваться интегрированной системой защиты. Доля затрат по технологической операции «Защита насаждений и урожая» в структуре общей себестоимости производства плодовой продукции составляет более 50%, из которых примерно 27% — издержки, связанные с приобретением средств защиты от вредителей. [4]

Наиболее эффективный и рациональный подход к системе защиты сада от яблонной плодовой жорки — дифференцированный, который базируется в первую очередь на биологических особенностях фитофага, его численности, агроэкологической зоны возделывания яблони, а также чередовании препаратов различных групп химических и микробиологических препаратов, с применением цифровых технологий, что позволяет получить не только качественный урожай, но и обеспечивает контроль вредителя при сохранении механизмов и структуры саморегуляции агроценозов, оптимизирует затраты на защиту насаждений. Стоимость таких средств при низком уровне численности вредителя (яблонная плодовая жорка) составляет 38,1 тыс. руб./га, при высоком — 94,1 тыс. руб./га (табл. 3).

Выводы. В 2018–2023 годах наблюдается увеличение издержек на защиту яблони от вредителей (в среднем на 30...50%).

Установлено, что в условиях усиления химико-технологического прессинга на яблоневые агроценозы под воздействием изменяющихся абиотических факторов, отмечена высокая пластичность плодopовреждающих вредителей к изменившимся погодным условиям (разные сроки начала лета и появления уязвимых фаз в разрезе среднесезонных данных, высокий потенциал к восстановлению численности в течение одного вегетационного периода).

Выявлены изменения в фенологии фитофагов — отсутствие разрыва между генерациями, во второй половине вегетации наложение лета первой и второй летней генерации яблонной плодовой жорки и присутствие всех стадий вредителей (плодовой жорки — яблонная, восточная, двуполосая огневка).

Разработаны и апробированы на площади 200 га адаптивные технологии защиты насаждений яблони от чешуекрылых вредителей на основе многолетнего мониторинга с применением высокоэффективных биорациональных, малотоксичных химических и биологических препаратов, обладающих обновленными технологическими характеристиками: снижение пестицидного прессинга на агроценоз, получение высокого качества урожая, стабилизация фитосанитарной ситуации, оптимизация производственных издержек в соответствии с требованиями интенсивных технологий в садоводстве и защите растений Краснодарского края.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 2023 год. М.: «Полиграфические услуги», 2023. 846 с.
2. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Буркова Л.А. и др. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и рентицидов в растениеводстве: иформ.изд. М.: ФГБНУ «Росиформагротех», 2022. 508 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 352 с.
4. Егоров Е.А., Подгорная М.Е., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Методические подходы к управлению биотехнологическими процессами в защите многолетних плодовых насаждений (на примере яблонной плодовой жорки) на основе применения элементов цифровых технологий // Садоводство и виноградарство. 2023. № 2. С. 58–65.
5. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Методические подходы к формированию структурно-параметрических моделей нормативного управления устойчивостью воспроизводственных процессов в многолетних агроценозах // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 4–8.
6. Методики опытного дела и методические рекомендации СКЗНИИСиВ. Краснодар, 2002. С. 143–176.
7. Проект «Стратегии развития природоподобных (конвергентных) технологий на период до 2030 года» <https://base.garant.ru/56923126/?ysclid=lt6v0d6e6z609679444> (дата обращения 12.02.2024).
8. Савицкий П.П. Атлас вредителей плодовых и ягодных культур. Киев, «Урожай», 1969. 216 с.
9. Трейвас Л.Ю., Каштанова О.А. Болезни и вредители плодовых растений: Атлас-определитель. М.: ООО «Фитон XXI», 2016. 352 с.
10. Федеральный закон № 522-ФЗ от 31.12.2020 «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» в части совершенствования государственного контроля (надзора) в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами, <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300040?ysclid=lt6wznh3ft692808096> (дата обращения 20.02.2024).

REFERENCES

1. Gosudarstvennyy katalog pesticidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii na 2023 god. M.: «Poligraficheskie uslugi», 2023. 846 s.
2. Dolzhenko V.I., Suhoruchenko G.I., Burkova L.A. i dr. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam insekticidov, akaricidov, feromonov, mollyuskocidov i roden-ticidov v rastenievodstve: iform.izd. M.: FGBNU «Rosiforma-grotekh», 2022. 508 s.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
4. Egorov E.A., Podgornaya M.E., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Metodicheskie podhody k upravleniyu biotekhnologicheskimi processami v zashchite mnogoletnih plodovykh nasazhdenij (na primere yablonnoj plodozhorki) na osnove primeneniya elementov cifrovyykh tekhnologij // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2023. № 2. S. 58–65.
5. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Metodicheskie podhody k formirovaniyu strukturno-parametricheskikh modelej normativnogo upravleniya ustojchivost'yu vosproizvodstvennykh processov v mnogoletnih agrocenozakh // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 6. S. 4–8.

6. Metodiki opytnogo dela i metodicheskie rekomendacii SKZ-NIISiV. Krasnodar, 2002. S. 143–176.
7. Proekt «Strategii razvitiya prirodopodobnyh (konvergentnyh) tekhnologij na period do 2030 goda» <https://base.garant.ru/56923126/?ysclid=lt6vod6e6z609679444> (data obrashcheniya 12.02.2024).
8. Savickij P.P. Atlas vreditelej plodovyh i yagodnyh kul'tur. Kiev, «Urozhaj», 1969. 216 s.
9. Trejvas L.Yu., Kashtanova O.A. Bolezni i vrediteli plodovyh rastenij: Atlas-opredelitel'. M.: ООО «Fiton XXI», 2016. 352 s.
10. Federal'nyj zakon № 522-FZ ot 31.12.2020 «O bezopasnom obrashchenii s pesticidami i agrohimiakatami» v chasti sovershenstvovaniya gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) v oblasti bezopasnogo obrashcheniya s pesticidami i agrohimiakatami», <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300040?ysclid=lt6wznh3ft692808096> (data obrashcheniya 20.02.2024).

Поступила в редакцию 01.03.2024

Принята к публикации 15.03.2024

УДК 577.16.087: 630

DOI: 10.31857/S2500208224030137, EDN: yxczmo

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ МАЛОСМОЛИСТЫХ ЛЕСНЫХ ПОРОД ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Вячеслав Леонидович Захаров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Сергей Юрьевич Шубкин, кандидат технических наук, доцент

Ольга Алексеевна Дубровина, кандидат биологических наук, доцент

Валентина Андреевна Гулидова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

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

E-mail: zaxarov7979@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения древесины 18 наиболее распространенных малосмолистых лиственных лесных и плодовых пород. Цель работы — определить содержание микроэлементов в древесине как объекте для копчения. Лидер по количеству в древесине железа — вишня магалебская (анטיפка), меди — яблоня домашняя, кобальта и марганца — ива белая, цинка и никеля — черная смородина. Установлена тесная зависимость между нахождением в древесине никеля и цинка ($r = 0,8$), а также никеля и железа ($r = 0,6$). Имеется слабая обратная зависимость между уровнем флавонолов и микроэлементов, способных перейти в тяжелые металлы (Co, Ni) ($r = -0,5-0,53$). В целом по семейству розоцветные количество железа в древесине — 0,47–25,325 мг/кг, марганца — 2,266–25,858, меди — 1,853–9,006, цинка — 7,788–23,751, кобальта — 0,013–0,090, никеля — 0,025–3,389 мг/кг. Учитывая удаленность места произрастания пород, установленные значения содержания микроэлементов в древесине лиственных растений ЦЧР можно рассматривать как не превышающие ПДК тяжелых металлов. Наиболее безопасное для копчения сырье — древесина черемухи и груши обыкновенных.

Ключевые слова: древесина, лесные и плодовые породы, содержание микро- и макроэлементов

COMPARATIVE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF WOOD FROM LOW-RESIN FOREST SPECIES IN THE LIPETSK REGION

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

S.Yu. Shubkin, *PhD in Engineering Sciences, Associate Professor*

O.A. Dubrovina, *PhD in Biological Sciences, Associate Professor*

V.A. Gulidova, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

Bunin Yelets State University (YelSU), Yelets, Russia

E-mail: zaxarov7979@mail.ru

Abstract. The wood of 18 of the most common low-resinous deciduous forest and fruit species was studied. The aim of the work was to find out the content of trace elements in wood species as an object for smoking. Of the studied most common 18 woody hardwoods, the leader in the content of iron in wood was the Magaleb cherry (antipka), copper — apple tree, cobalt and manganese — white willow, zinc and nickel — black currant. A close relationship has been established between the content of nickel and zinc in wood ($r = 0.8$), as well as nickel and iron ($r = 0.6$). There is a weak inverse relationship between the content of flavonols and trace elements capable of converting to heavy metals (Co, Ni) ($r = -0.5-0.53$). In general, for the rosaceae family, the iron content in the wood of the rocks was within (mg/kg): 0.47–25.325, manganese — 2.266–25.858, copper — 1.853–9.006, zinc — 7.788–23.751, cobalt — 0.013–0.090, nickel — 0.025–3.389. Taking into account the remoteness of the place where the rocks grow, the established values of the content of trace elements in the wood of the 18 most common deciduous woody plants of the CDR can be recommended as levels not exceeding the MPC of heavy metals. A very safe raw material for smoking is the wood of common cherry and common pear.

Keywords: wood, forest and fruit species, the content of micro- and macroelements

Биохимический состав древесины влияет на качество дыма. В зависимости от уровня концентрации минеральных элементов в почве они могут быть как микроэлементами, так и тяжелыми металлами для растений. [10] В древесине деревьев содержится от 0,19 до 1,2 мг/кг кадмия, 2,4...9,2 хрома, 3,3...7,5 меди, 13,0...140,0 мг/кг цинка. [20] Содержание микроэлементов в древесине — показатель загрязненности окружающей территории тяжелыми металлами. Степень накопления В, Cd, Co, С, Fe, Mn и Zn зависит от возраста дерева. [15] Например, при сжигании старых тополей, выросших в очень загрязненном месте, содержание микроэлементов настолько высокое, что можно выделить две фракции золы: одна с повышенным содержанием Cu, Сг и Ni, другая — Cd, Pb и Zn. [8] Содержание тяжелых металлов (Cu, Fe, С, Ni, Сг и Zn) в побегах одно-двухлетних деревьев акации, напротив оказалось совсем невысоким, в пределах ПДК. [17] Установлено, что у березы, осины, ели и сосны наименьшее количество зольных элементов находится в древесине (0,2...0,7%), чуть больше в коре (1,9...6,4) и максимальное в листьях (2,4...7,7%). [18]

Разные древесные породы проявляют неодинаковую способность к выносу из загрязненной почвы тяжелых металлов и их аккумуляции в своих тканях. [13] Ива заметно выносит As, Cd, Pb и Zn, тополь — только Pb. [9] У тополя белого побеги оказались менее индикаторными органами, чем листья в отношении накопления кадмия и цинка. [12] Накопление микроэлементов в древесных породах имеет очень схожий характер в пределах одного ботанического семейства. Пропорции всех микроэлементов, кроме Ni, Ba, Сг и Pb в побегах сосны и ели практически идентичны. [16] Дуб черешчатый, по сравнению с елью и сосной, в своих тканях накапливает значительно больше Cd, Zn и Pb. [14] При наличии микоризы (гриб *Cadophora* и береза повислая) уменьшается накопление деревьями кадмия. [7]

На примере сосны рассмотрена связь между содержанием полифенолов и качеством дыма при сжигании древесины. [11] Когда сгорает древесина, органические кислоты разрушаются или уносятся с дымом, поскольку рН золы намного выше (более щелочная реакция), чем древесины. [6] Все литературные данные о содержании микроэлементов касаются в основном фиторемедиации и степени загрязненности растений тяжелыми металлами. Оценочные шкалы уровней содержания некоторых микроэлементов (Fe, Mn, Cl, В, Cu, Mo, Zn) разработаны только в отношении листьев и плодов и применимы к ограниченному количеству древесных видов (яблоня, вишня, груша, абрикос, персик, слива, смородина, крыжовник). [5] Биохимический состав древесины изучают по многим причинам. Побеги черешни, произрастающей в местах с разной загрязненностью, анализировали на содержание тяжелых металлов для использования древесины в качестве источника биологически активных веществ. [19]

Цель работы — определить содержание микроэлементов в древесине пород, произрастающих в ЦЧР.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019–2020 годах. Объект изучения — древесина 18 наиболее распространенных малосмолистых пород: вишня обыкновенная (*Cerasus vulgaris* Mill.), рябина обыкновенная (*Sor-*

bus aucuparia L.), яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.), вишня антипка (*Prunus mahaleb* L.), черная смородина (*Ribes nigrum* L.), терн колючий (*Prunus spinosa* L.), шиповник собачий (*Rosa canina* L.), абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L.), слива домашняя (*Prunus domestica* L.), вишня войлочная (*Prunus tomentosa* Thunb), крыжовник обыкновенный (*Ribes uva-crispa* L.), орех грецкий (*Juglans regia* L.), груша обыкновенная (*Pyrus communis* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn), боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea* Pall), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), ива белая (*Salix alba* L.). Отбирали трех-восьмилетнюю древесину в середине января 2019 и 2020 года в урочище «Коротыш» Долгоруковского района Липецкой области. Участок равноудален от городских и административных центров. Почва — лугово-черноземная тяжелосуглинистая на покровном суглинке. Анализировали свежеспеленную древесину методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре Спектр-5 в пламени ацетилен-воздух. [4] Минерализацию проб древесины осуществляли методом сухого озоления по ГОСТ 26657-85. [1] Зола экстрагировали с помощью 1М раствора HNO₃. [20] Полученные данные по годам усредняли, математически обрабатывали методом дисперсионного и корреляционного анализов, используя программу Microsoft Excel. [2] В своих предыдущих работах мы выяснили, что количество полифенолов в древесине исследуемых пород составляло 0,02...1,43%, органических кислот — 0,21...1,08%, сумма дубильных и красящих веществ — 1,45...26,5%, танина — 0,83...20,8%. [3]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из микроэлементов, которые никогда не переходят в категорию тяжелых металлов, представляем данные по железу и марганцу (табл. 1).

Лидеры по содержанию железа в древесине — вишня магалевская (антипка) и черная смородина,

Таблица 1.
Содержание железа и марганца в свежей древесине
исследуемых пород деревьев, мг/кг

Порода	Железо	Марганец
Вишня обыкновенная	11,500	25,858
Рябина обыкновенная	13,000	20,564
Яблоня домашняя	12,933	11,891
Вишня антипка	25,325	13,595
Черная смородина	21,239	9,612
Терн колючий	15,944	13,885
Шиповник собачий	4,127	12,209
Абрикос обыкновенный	5,380	7,640
Слива обыкновенная	0,837	2,266
Вишня войлочная	11,464	21,421
Крыжовник обыкновенный	2,079	7,252
Орех грецкий	3,242	7,785
Груша обыкновенная	4,106	3,577
Липа мелколистная	3,320	3,815
Ольха черная	0,245	26,472
Боярышник кроваво-красный	0,470	8,767
Черемуха обыкновенная	8,610	19,775
Ива белая	8,098	100,830

Таблица 2.

Содержание микроэлементов в свежей древесине
исследуемых пород деревьев, мг/кг

Порода	Медь	Цинк	Кобальт	Никель
Вишня обыкновенная	1,982	11,540	0,061	0,679
Рябина обыкновенная	5,115	14,817	0,074	1,022
Яблоня домашняя	9,006	16,616	0,038	1,128
Вишня антипка	2,978	12,744	0,070	1,328
Черная смородина	4,932	23,751	0,081	3,389
Терн колючий	3,665	13,705	0,055	0,852
Шиповник собачий	6,952	14,648	0,075	1,147
Абрикос обыкновенный	2,250	11,188	0,037	0,538
Слива обыкновенная	1,853	7,788	0,080	0,070
Вишня войлочная	3,526	15,720	0,085	0,481
Крыжовник обыкновенный	2,830	14,906	0,046	1,479
Орех грецкий	2,082	11,603	0,057	0,522
Груша обыкновенная	2,929	9,381	0,040	0,025
Липа мелколистная	2,980	7,775	0,060	0,443
Ольха черная	6,895	11,240	0,170	0,210
Боярышник кроваво-красный	4,700	18,195	0,090	0,805
Черемуха обыкновенная	3,678	14,960	0,013	1,160
Ива белая	7,702	19,008	0,230	1,040

наименьшее количество этого микроэлемента было в ольхе черной.

По содержанию марганца максимум установлен в древесине ивы белой, минимум — сливы обыкновенной.

По семейству розоцветные содержание железа в древесине — 0,47...25,325 мг/кг, марганца — 2,266...25,858 мг/кг.

Из микроэлементов, которые способны при повышенных концентрациях быть тяжелыми металлами, приводим данные по меди, кобальту, никелю и цинку. Все они, кроме никеля, — биогенные (табл. 2).

Наибольшее количество меди отмечено в древесине яблони домашней, наименьшее — сливы обыкновенной. Лидером по кобальту оказалась ива белая, минимум этого элемента отмечен в древесине черемухи. Больше всего цинка, по сравнению с остальными породами, в черной смородине, меньше — в липе мелколистной и сливе обыкновенной. Самый высокий уровень никеля в древесине черной смородины, низкий — у груши обыкновенной.

По семейству розоцветные количество меди — 1,853...9,006, цинка — 7,788...23,751, кобальта — 0,013...0,090, никеля — 0,025...3,389 мг/кг.

В результате корреляционного анализа не найдено связи между содержанием в древесине микроэлементов и воды, дубильных и красящих веществ, танина, органических кислот, полифенолов и гигроскопичностью. Установлена прямая тесная зависимость между количеством в древесине никеля и цинка ($r = 0,8$), а также никеля и железа ($r = 0,6$). Нами обнаружена обратная слабая зависимость между нахождением никеля и флавонолов ($r = -0,53$), кобальта и флавонолов ($r = -0,5$).

Выводы. Из наиболее распространенных 18 лиственных пород лидер по содержанию в древесине железа — вишня магалебская (антипка), меди — яблоня домашняя, кобальта и марганца — ива белая, цинка и никеля — черная смородина.

По семейству розоцветные количество железа в древесине — 0,47...25,325 мг/кг, марганца — 2,266...25,858, меди — 1,853...9,006, цинка — 7,788...23,751, кобальта — 0,013...0,090, никеля — 0,025...3,389 мг/кг.

Установлена прямая тесная корреляция между нахождением в древесине никеля и цинка ($r=0,8$), никеля и железа ($r = 0,6$). Однако имеется слабая обратная зависимость между уровнями флавонолов и микроэлементов, способных перейти в тяжелые металлы (Co, Ni) ($r = -0,5...0,53$).

Учитывая удаленность места произрастания пород, значения содержания микроэлементов в древесине лиственных растений ЦЧР можно рассматривать как не превышающие ПДК тяжелых металлов.

Наиболее безопасным древесным сырьем для копчения из изученных пород можно считать черемуху и грушу, поскольку в них минимальное количество никеля и кобальта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ 26657-85 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. М.: Государственный комитет СССР по стандартам. 12 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Захаров В.Л., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С., Сухарев И.Н. Анализ содержания БАВ в древесине пород ЦЧР как сырья для копчения // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. 2021. № 1. С. 112—119.
- Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1990. 235 с.
- Augusto L., Bakker M.R., Meredieu C. Wood ash applications to temperate forest ecosystems — potential benefits and drawbacks // Plant and soil. 2007. Volume: 306. Issue: 1—2. PP. 181—198.
- Berthelot C., Blaudez D., Leyval C. Differential growth promotion of poplar and birch inoculated with three dark septate endophytes in two trace element-contaminated soils // International Journal of Phytoremediation. Vol. 19. 2017. Issue 12. PP. 1118—1125.
- Chalot M., Blaudez D., Rogaume Y. et al. Fate of Trace Elements during the Combustion of Phytoremediation Wood. Environmental Science & Technology 2012, 46, 24, 13361—13369.
- Fischerová Z., Tlustoš P., Száková J., Šichorová K. A comparison of phytoremediation capability of selected plant species for given trace elements // Environmental Pollution. Vol. 144, Issue 1, November 2006, PP. 93—100.
- Plant Roots. The Hidden Half, Third Edition. Edited By Yoav Waisel, Amram Eshel, Tom Beeckman, Uzi Kafkafi. Edition 3rd Edition. 2002. Pub. Location Boca Raton. Imprint CRC Press. P. 1136.
- Jones J., Mitchell E., Williams A. et al. Examination of Combustion-Generated Smoke Particles from Biomass at Source: Relation to Atmospheric Light Absorption // Combustion science and technology. 2020. Vol. 192. Issue: 1. PP. 130—143.
- Madejón P., Marañón T., Murillo J.M., Robinson B. White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests // Environmental Pollution. Vol. 132, Issue 1, November 2004, pp. 145—155.

13. Mleczek M., Gaśicka M., Kaniuczak J. et al. Dendroremediation: The Role of Trees in Phytoextraction of Trace Elements // *Phytoremediation*. 2019. No 3. PP. 267–295.
14. Placek A., Grobelak A., Kacprzak M. Improving the phytoremediation of heavy metals contaminated soil by use of sewage sludge // *International Journal of Phytoremediation*. Vol. 18. 2016. Issue 6: 11th International Phytotechnologies Conference, Heraklion, Crete, Greece, September 30–October 3, 2014. PP. 605–618.
15. Robinson B., Mills T., Green S. et al. Trace element accumulation by poplars and willows used for stock fodder // *New Zealand Journal of Agricultural Research*. Vol. 48. 2005. Issue 4. PP. 489–497.
16. Rossbach M., Jayasekera R. Air pollution monitoring at the Environmental Specimen Bank of Germany: spruce and pine shoots as bioindicators // *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*. 1996. Vol. 354. PP. 511–514.
17. Vural A. Trace/heavy metal accumulation in soil and in the shoots of acacia tree, Gümüşhane-Turkey // *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*. 2014. Vol. 148. Issue 148. PP. 85–106.
18. Werkelin J., Skrifvars B.J., Hupa M. Ash-forming elements in four Scandinavian wood species. Part 1: Summer harvest // *Biomass and Bioenergy*. Vol. 29, Issue 6, December 2005. PP. 451–466.
19. Zagurskaya Yu.V., Siromlya T.I. Comparative analysis of the elemental chemical composition of *Padus avium* shoots from anthropogenically disturbed ecotops // *Forestry journal*. 2019. Issue: 5. PP. 105–114.
20. Zhan, G., Erich, M.S., Ohno, T. Release of trace elements from wood ash by nitric acid. *Water Air Soil Pollut* 88. 1996. PP. 297–311.
8. Chalot M., Blaudez D., Rogaume Y. et al. Fate of Trace Elements during the Combustion of Phytoremediation Wood. *Environmental Science & Technology* 2012, 46, 24, 13361–13369.
9. Fischerová Z., Tlustoš P., Száková J., Šichorová K. A comparison of phytoremediation capability of selected plant species for given trace elements // *Environmental Pollution*. Vol. 144, Issue 1, November 2006, PP. 93–100.
10. Plant Roots. The Hidden Half, Third Edition. Edited By Yoav Waisel, Amram Eshel, Tom Beeckman, Uzi Kafkafi. Edition 3rd Edition. 2002. Pub. Location Boca Raton. Imprint CRC Press. P. 1136.
11. Jones J., Mitchell E., Williams A. et al. Examination of Combustion-Generated Smoke Particles from Biomass at Source: Relation to Atmospheric Light Absorption // *Combustion science and technology*. 2020. Vol. 192. Issue: 1. PP. 130–143.
12. Madejón P., Marañón T., Murillo J.M., Robinson B. White poplar (*Populus alba*) as a biomonitor of trace elements in contaminated riparian forests // *Environmental Pollution*. Vol. 132, Issue 1, November 2004, PP. 145–155.
13. Mleczek M., Gaśicka M., Kaniuczak J. et al. Dendroremediation: The Role of Trees in Phytoextraction of Trace Elements // *Phytoremediation*. 2019. No 3. PP. 267–295.
14. Placek A., Grobelak A., Kacprzak M. Improving the phytoremediation of heavy metals contaminated soil by use of sewage sludge // *International Journal of Phytoremediation*. Vol. 18. 2016. Issue 6: 11th International Phytotechnologies Conference, Heraklion, Crete, Greece, September 30–October 3, 2014. PP. 605–618.
15. Robinson B., Mills T., Green S. et al. Trace element accumulation by poplars and willows used for stock fodder // *New Zealand Journal of Agricultural Research*. Vol. 48. 2005. Issue 4. PP. 489–497.
16. Rossbach M., Jayasekera R. Air pollution monitoring at the Environmental Specimen Bank of Germany: spruce and pine shoots as bioindicators // *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*. 1996. Vol. 354. PP. 511–514.
17. Vural A. Trace/heavy metal accumulation in soil and in the shoots of acacia tree, Gümüşhane-Turkey // *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*. 2014. Vol. 148. Issue 148. PP. 85–106.
18. Werkelin J., Skrifvars B.J., Hupa M. Ash-forming elements in four Scandinavian wood species. Part 1: Summer harvest // *Biomass and Bioenergy*. Vol. 29, Issue 6, December 2005. PP. 451–466.
19. Zagurskaya Yu.V., Siromlya T.I. Comparative analysis of the elemental chemical composition of *Padus avium* shoots from anthropogenically disturbed ecotops // *Forestry journal*. 2019. Issue: 5. PP. 105–114.
20. Zhan, G., Erich, M.S., Ohno, T. Release of trace elements from wood ash by nitric acid. *Water Air Soil Pollut* 88. 1996. PP. 297–311.

REFERENCES

1. GOST 26657-85 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya soderzhaniya fosfora. M.: Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam. 12 s.
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.
3. Zaharov V.L., Shubkin S.Yu., Buneev S.S., Suharev I.N. Analiz soderzhaniya BAV v drevesine porod CChR kak syr'ya dlya kopcheniya // *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2021. № 1. S. 112–119.
4. Praktikum po agrohimii: Ucheb. posobie. 2-e izd., pererab. i dop. / Pod red. akademika RASHN V. G. Mineeva. M.: Izd-vo MGU, 2001. 689 s.
5. Cerling V.V. Diagnostika pitaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. M.: Agropromizdat, 1990. 235 s.
6. Augusto L., Bakker M.R., Meredieu C. Wood ash applications to temperate forest ecosystems – potential benefits and drawbacks // *Plant and soil*. 2007. Volume: 306. Issue: 1–2. PP. 181–198.
7. Berthelot S., Blaudez D., Leyval C. Differential growth promotion of poplar and birch inoculated with three dark septate

Поступила в редакцию 12.11.2023
Принята к публикации 26.11.2023

О МОНОГРАФИИ «ЭНИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И СОРТ»*

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ
(автор предисловия монографии)

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия
E-mail: sul20@yandex.ru

Аннотация. 26 апреля 2024 года исполнилось 38 лет со дня аварии на Чернобыльской АЭС. В зараженной зоне (Новozyбковский район Брянской области) были заложены полевые опыты по изучению накопления радиоцезия в зерне у 42 сортов озимой ржи и 92 сортов озимой пшеницы. Всего с 1987 по 1993 год было изучено 1532 сортообразца 28 культур мирового генофонда. В проведении исследований были задействованы Московское отделение ВИР и многие другие научно-исследовательские учреждения. Результаты опытов показали, что мировой растительный генофонд располагает большим разнообразием форм по накоплению радионуклидов. Максимальное различие в условиях одного года и поля между культурами по накоплению цезия-137 в зерне может достигать 170 раз, а между сортами в пределах одной культуры — 9 раз. Изложенные в книге И.М. Молчан эниологические подходы, учитывающие информационно-энергетические взаимодействия на разных биологических уровнях, могут и должны применяться как в селекционной работе, так и при оценке мирового растительного генофонда.

Ключевые слова: эниология, экология, сорт, радионуклиды, цезий-137, генофонд, устойчивость

ABOUT THE MONOGRAPH “ENIOLOGY, ECOLOGY AND VARIETY”

S.K. Temirbekova, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation*
(author of the monograph's preface)

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia
E-mail: sul20@yandex.ru

Abstract. April 26, 2024 marks 38 years since the accident at the Chernobyl nuclear power plant (1986). In the area of the Chernobyl nuclear power plant, Novozybkovsky district of the Bryansk region, field experiments were carried out to study the accumulation of radiocesium in grain in 42 varieties of winter rye and 92 varieties of winter wheat. In total, for the period from 1987 to 1993. In the contaminated zone of the Bryansk region, 1532 varieties were studied from 28 crops of the world gene pool. The Moscow branch of VIR, as the lead institution, and many other research institutions were involved in the research. The results of studies in the contaminated zone of the Chernobyl nuclear power plant showed that the world plant gene pool has a wide variety of forms for the accumulation of radionuclides. The maximum difference (under the conditions of one year and field) between crops in the accumulation of cesium-137 in grain can reach 170 times, and between varieties within the same crop — 9 times. The eniological approaches presented in the book, which take into account information and energy interactions at different biological levels, can and should be taken into account both in breeding work and in assessing the global plant gene pool.

Keywords: eniology, ecology, variety, radionuclides, cesium-137, gene pool, stability

26 апреля 2024 года исполнилось 38 лет со дня аварии на Чернобыльской АЭС. По масштабам своих последствий и длительности воздействия на биосферу Организация Объединенных Наций назвала ее самой крупной экологической катастрофой за всю мировую историю. Тысячи людей приняли участие в ликвидации последствий катастрофы и бывшее Московское отделение Всероссийского НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова, имевшее в своем составе отдел радиационной генетики и радиобиологии, не могло оставаться в стороне от этой работы.

В 1987 году заведующий отделом радиационной генетики и радиобиологии МОВИР, доктор биологических наук И.М. Молчан был командирован в г. Чернобыль и осуществил сбор колосьев озимой пшеницы сортов *Мироновская 808*, *Киянка* и *Полеская 70*, образовавшихся в результате самосева осыпавшихся зерен урожая 1986 года, в колхозах «За-

веты Ильича» (с. Корогод) и «Дружба» (с. Залесье), 10...15 км от Чернобыльской АЭС.

В этом же году в зоне отчуждения агропромышленного производства, на самом загрязненном поле колхоза «Комсомолец» (д. Бабаки) Новozyбковского района Брянской области (плотность загрязнения цезием-137 — 65,5 кюри/км²) были заложены полевые опыты по изучению накопления радиоцезия в зерне у 42 сортов озимой ржи и 92 сортов озимой пшеницы. Всего с 1987 по 1993 год было изучено 1532 сортообразца 28 культур мирового генофонда.

Выполнение такого объема исследований оказалось возможным в результате включения в работу практически всех подразделений МОВИР, сотрудники которых принимали участие не только в подготовке посевного материала, но и посеве, уходе и уборке урожая на загрязненной территории. При остром дефиците малогабаритной сельскохозяйственной техники руководство

* Посвящается светлой памяти доктора биологических наук, заведующего отделом радиационной генетики и радиобиологии бывшего Московского отделения ВИР имени Н.И. Вавилова, ликвидатору последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, автору монографии «Эниология, экология и сорт» Игорю Моисеевичу Молчан. / Dedicated to the blessed memory of Doctor of Biological Sciences, head of the department of radiation genetics and radiobiology of the former Moscow branch of the VIR named after N.I. Vavilov, liquidator of the consequences of the disaster at the Chernobyl nuclear power plant, author of the monograph “Eniology, ecology and variety” Igor Moiseevich Molchan.

МОВИР (директор А.Д. Човжик) вынуждено было организовывать по несколько раз в год ее доставку на загрязненную территорию.

В работе (подготовка семян и доставка их в МОВИР, определение радионуклидов, анализ и обсуждение полученных данных) также приняли участие многие научно-исследовательские учреждения: ВНИПТИ химизации сельского хозяйства, ВНИИ сельскохозяйственной радиологии, Новозыбковская радиологическая лаборатория, ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, НИИСХ центральных районов Нечерноземной зоны, ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур, ВНИИ кормов, Московская и Белорусская сельскохозяйственные академии. Украинский и Белорусский НИИ земледелия, Каменец-Подольский СХИ, Гомельская сельскохозяйственная опытная станция и другие. Без их участия проведение этой работы в таком объеме было бы невозможно. Помощь оказывалась чаще всего на безвозмездной основе.

Исследования в загрязненной зоне Чернобыльской АЭС показали, что мировой растительный генофонд располагает большим разнообразием форм по накоплению радионуклидов. Максимальное различие (в условиях одного года и поля) между культурами по накоплению цезия-137 в зерне может достигать 170 раз, сортами в пределах одной культуры — 9 раз.

На основании анализа результатов и литературных данных, впервые обозначены генетико-физиологические системы признаков, обеспечивающие получение экологически безопасной продукции в зоне радиоактивного загрязнения и разработаны принципы создания модели техногеннотолерантного сорта. Оказалось, что селекция на минимальное накопление загрязнителей в товарной части урожая органически связана с селекцией на комплексную неспецифическую полевую толерантность к абиотическим и биотическим стрессовым факторам среды. Вот почему среди сортообразцов со слабым накоплением радиоцезия чаще встречаются пластичные сорта. Общераспространенное представление о только повреждающем и беспороговом действии радиации нуждается в уточнении. Малые дозы ионизирующих излучений (природный радиоактивный фон, биологическое поле) — основа происхождения, воспроизведения и эволюции жизни, энергоинформационных взаимодействий, единства и целостности биологических систем, становления и развития эниологии, волновой генетики и так далее.

Системный подход к организму предполагает поиск не отдельных выдающихся признаков (доноры), а комплекса корреляционно связанных и взаимодействующих между собой, который Н.И. Вавилов называл эволюционным признаком, а Е.Н. Синская — растительной конституцией. [2]

Ориентация на максимальную степень выраженности одного признака, как правило, ухудшает другие, что заканчивается неудачей в селекции. Например, односторонняя селекция на высокую урожайность обусловила создание сортов с высокой потенциальной продуктивностью, но повысила нестабильность урожайности. [6] Использование рекомендованных в качестве доноров ультраморозостойких форм озимой пшеницы не решило проблемы зимостойкости культуры. [7] С помощью засухоустойчивых инорайонных сортов не удалось повысить и этот признак у новых сортов яровой пшеницы. Применение в качестве до-

нора короткостебельной озимой пшеницы не привело к созданию неполегающих сортов. [13] Широко разрекламированный как источник очень высокого содержания лизина у ячменя *Хайпроли*, не дал ожидаемых селекционных результатов.

Заключение о значимости гармонии распространяется и на взаимодействие организмов в системе биоценоза. Создание в процессе селекции высокоустойчивых к болезням сортов способствует возникновению и отбору еще более агрессивных рас патогена и нередко гибели посевов таких линейных сортов в производстве, которые не вписываются в окружающий их биоценоз. Дикорастущие растения почти всегда поражены паразитами. Цель получения непоражаемых растений поставлена человеком. Не устойчивость, а толерантность в системе биоценоза — важнейшее естественно-природное направление исследований в селекции и защите растений.

Необходимость гармоничного информационно-энергетического взаимодействия сорта и окружающей его среды распространяется также на био-геоценотический и биосферно-космический уровни. Ориентация селекции на создание и использование в производстве агрохимически эффективных сортов, дающих хорошие урожаи только при высоких дозах минеральных удобрений в условиях интенсивных технологий, ведет не только к деградации органического вещества почвы, но и ее загрязнению. Так селекция как наука объективно способствует приближению экологического кризиса.

Биосферно-космические принципы селекции, которые рассматриваются в книге И.М. Молчан, предполагают создание сортов не агрохимически, а космически эффективных, выявляя образцы максимально использующие энергию не столько почвы и Солнца (фотосинтез), но и других планет (космосинтез). С автотрофностью (по представлению В.И. Вернадского) связано будущее человечества, а значит и селекции. Почва загрязнена гербицидами, пестицидами, тяжелыми металлами, ретардантами, радионуклидами. Автотрофные сорта могут обеспечить экологическую чистоту сельскохозяйственной продукции.

Материалы книги прошли апробацию при выступлении автора на различных научных конференциях, а также страницах периодических научных изданий и учебных пособий. Книга будет полезна эниологам, экологам, генетикам, селекционерам, семеноводам и специалистам, занимающимся разработкой и использованием экологически безопасных технологий на загрязненных территориях. Она может заинтересовать также и массового читателя, если он будет обращать особое внимание на стихи и выдержки из некоторых других литературных источников (их в книге около трехсот), относящихся к различным разделам науки. В гармоничной, естественно-природной рифме зашифровать ложь невозможно. [10]

Кратко приводим из монографии наши исследования энзимо-микозного истощения семян зерновых культур в загрязненной зоне ЧАЭС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В загрязненной зоне Брянской области в 1988–1992 годах было изучено 215 сортообразцов озимой пшеницы, в том числе в 1988 — 77, 1989 — 38, 1990 — 55 и 1992 году — 45 образцов. По происхождению сорта были представлены различными регионами нашей

страны и мира: Московская, Ивановская, Ростовская, Воронежская области, Краснодарский, Алтайский, Красноярский, Приморский края, Украина, Беларусь, Польша, Германия, Финляндия, Швеция и другие. Условия вегетации в 1989 и 1990 годах складывались благоприятно для роста и развития озимой пшеницы (см. таблицу). Исследования по энзимомикозному источению семян проводили оригинальными методами. [14]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Значительную роль в поступлении радиоцезия в зерно пшеницы играют агрометеорологические факторы года. Различия по активности цезия-137 в зерне пшеницы между максимальным (1988 год) и минимальным (1990 год) значениями (нКи/кг) у сорта *Колос 80* — 3,4 раза, *Донская безостая* — 4,9, *Мироновская 808* — 5,4, *Курганская 52* — 7,3, *Янтарная 50* — 8,2 раза.

Наши и данные других исследователей свидетельствуют о том, что межсортовые различия уровней радионуклидного загрязнения зерна пшеницы в условиях одного года примерно равны различиям в накоплении радиоцезия урожаем одного сорта в разные годы. [1]

Расчет коэффициента корреляции между активностью радиоцезия и урожайностью зерна в разные годы (1988–1990 и 1992) выявил обратную зависимость между показателями ($R = -0,80...-0,26$). При уменьшении урожайности зерна в засушливые годы увеличивается концентрация радионуклида в товарной части урожая. Изучение зависимости между активностью цезия-137 и урожайностью различных сортов в пределах одного года не выявило определенной закономерности; коэффициенты корреляции в 1988, 1989, 1990 и 1992 годах составили соответственно 0,16, $-0,31$, 0,01, $-0,43$.

При изучении связи между активностью цезия-137 в зерне и температурой воздуха обнаружили прямую корреляционную зависимость.

Коэффициенты корреляции между содержанием радиоцезия в зерне и среднемесячной температурой воздуха за вегетационный период (май–август) в 1988–1992 годах изменялись в зависимости от сорта — 0,49...0,86. Наиболее высокие значения коэффициен-

тов корреляции (0,71...0,99) выявлены в июле, когда происходит формирование и налив зерна пшеницы. Это значит, что повышенные температуры в июле 1988 года (22,7°C) и 1992 (21,2°C), по сравнению с 1989 (19,6°C) и 1990 годом (17,9°C), способствовали возрастанию уровня радиоцезия.

Значимость периода формирования зерна пшеницы на поступление цезия-137 выявлена и в отношении осадков. Малое их количество в июле 1988 года (29,7 мм) и 1992 (36,5 мм), по сравнению с 1989 (64,0 мм) и 1990 годом (97,8 мм), приводило к увеличению радиоцезия в зерне. Для этого, важнейшего при формировании урожая, периода выявлена обратная корреляционная зависимость между активностью цезия-137 в зерне и суммой атмосферных осадков ($R = -0,79...-0,98$).

Между содержанием радиоцезия в зерне пшеницы и суммой атмосферных осадков за май–август не найдено такой однозначной зависимости, как в июле. Коэффициенты корреляции между этими показателями за вегетацию колебались у разных сортов от 0,34 до 1,00. Таким образом, при изучении взаимосвязи суммы осадков за вегетационный период и накопления радиоцезия в зерне, если не учитывать сорта, в отношении пшеницы можно сделать противоположные выводы о наличии прямой (сорт *Заря*) или обратной (*Одесская 51*) корреляции. Приведенные данные, как и выводы других исследователей свидетельствуют о том, что при изучении влияния основных агрометеорологических факторов на поступление радиоцезия в растения важно учитывать температуру и осадки не только за весь период вегетации, но и на отдельных этапах онтогенеза. [11]

Повышение накопления радиоцезия при снижении урожайности пшеницы в засушливых условиях — метаболическая реакция ослабленных растений на антропогенные воздействия. [12]

При водном дефиците, прежде всего, подавляются ростовые процессы, нарушается белковый обмен, усиливается активность протеолитических ферментов, что приводит к резкому снижению обменных процессов в зерновке, ее щуплости и недобору урожая. При недостатке влаги отмечается усиление поглощения из почвы и накопления в растениях как калия, так и цезия, более быстрое засыхание листьев, сопровождающееся моби-

Гидротермические условия вегетационного периода в годы проведения исследований

Месяц	Среднемноголетнее значение	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Температура, °C							
Март	-2,2	0,8	4,1	5,2	-0,5	2,9	-0,1
Апрель	6,4	8,0	9,9	9,4	8,7	6,8	8,1
Май	14,5	16,2	15,8	14,0	13,2	14,4	17,0
Июнь	17,8	19,1	20,8	16,6	19,5	19,4	16,2
Июль	19,3	22,7	19,6	17,9	20,9	21,2	17,7
Август	18,2	18,0	19,7	18,1	19,2	22,7	16,9
Сентябрь	12,9	13,5	14,4	11,0ц	13,9	13,2	10,4
Осадки, мм							
Март	29,4	57,5	44,9	33,6	8,9	38,8	29,6
Апрель	38,5	12,6	35,8	83,8	17,6	16,9	54,8
Май	49,6	56,2	68,5	71,0	106,3	27,6	42,1
Июнь	67,3	155,0	96,4	131,9	89,0	81,9	96,3
Июль	80,1	29,7	60,0	97,8	37,7	36,3	160,2
Август	70,1	118,9	43,6	23,6	41,9	15,6	36,8
Сентябрь	52,1	60,6	27,6	103,5	35,5	42,0	111,2

лизацией и оттоком питательных веществ в зерно, а также возрастание уборочного индекса. [9]

Неблагоприятные условия засухи способствуют возростанию накопления радиоцезия в растениях и зерне пшеницы.

На основании приведенных данных, можно сделать вывод о том, что засухоустойчивость — необходимая предпосылка для реализации потенциальных возможностей генотипа сорта по накоплению радионуклидов в растениеводческой продукции. У незасухоустойчивых сортов во влажные и засушливые годы отмечается неоднозначность реализации генетической информации вследствие переопределения генетической формулы изучаемого количественного признака. [4] Этот механизм — одна из причин несовпадения рангов сортов по накоплению радионуклидов в разные годы. Например, незасухоустойчивый сорт *Гама* (Польша) в благоприятные для возделывания озимой пшеницы 1989 и 1990 годы содержал в зерне небольшое количество радиоцезия, 0,44 и 0,2 нКи/кг соответственно и был в числе лидеров группы сортов с минимальным накоплением радионуклида (ранги № 4 и № 1 соответственно). В неблагоприятные 1988 и 1992 годы в условиях уменьшения урожайности у сорта *Гама* количество радионуклида увеличилось до 2,15 и 2,40 нКи/кг соответственно, и он оказался уже в группе сортов со средним (1988 год — ранг № 29) и даже максимальным (1992 — № 42,5) накоплением радионуклида.

Признак «активность радиоцезия» в зерне только в благоприятных для развития пшеницы условиях будет детерминироваться генами устойчивости к радиоцезию, при засухе — генами засухоустойчивости. [4] Засухоустойчивый сорт *Донская безостая* в течение всех четырех лет изучения находился в группе сортов с минимальным накоплением радионуклида. По низкой активности радиоцезия выделились также сорта *Одесская 95*, *Залив*, *Ростовчанка* и *Одесская 51*, которые отличает и повышенная засухоустойчивость.

Особенности засухоустойчивых сортов озимой пшеницы со слабым накоплением радиоцезия в зерне: относительно высокая концентрация в листьях калия, способствующая дискриминации радионуклида перед его химическим аналогом при реутилизации веществ из вегетативной массы в зерно; глубокопроникающая корневая система, обеспечивающая поступление в растение веществ из менее загрязненных радионуклидами нижних слоев почвы; более высокая эффективность использования усвоенных элементов питания при образовании органического вещества, помогающая разбавлению поглощенного из почвы радиоцезия в большой массе растения. Агрохимически эффективные сорта выделяются также и по экологической пластичности. [8, 15]

Сорта с минимальным накоплением радиоцезия (*Донская безостая*, *Ростовчанка*, *Одесская 51*) отличаются не только стабильно высокой урожайностью по годам, но и качеством зерна, которое в значительной степени зависит от их устойчивости к сложному патологическому комплексу ЭМИС (энзимо-микозное истощение семян), ведущему к снижению стекловидности и выполненности зерна, образованию микротрещин его оболочек, прорастанию на корню и интоксикации. [5, 14]

Гидротермические условия 1988 года в загрязненной зоне из-за высокой температуры и обилия осадков в период формирования генеративных органов и на-

чальных этапов в развитии зерновки оказались благоприятными для ЭМИС. Последующие засушливые условия усугубили его действие. По слабому накоплению в зерне радиоцезия выделились устойчивые к ЭМИС сорта *Ibis* с высокой амилограммой, *Одесская 51*, *Донская безостая*, *Ростовчанка*. [5, 14] Неустойчивый к ЭМИС (по данным МОВИР) сорт *Hildur* в 1988 году оказался лидером по накоплению радиоцезия в зерне среди изучаемых сортов пшеницы. Слабая устойчивость сорта к ЭМИС, связанная с увеличением времени активного метаболизма (из-за отсутствия у зерна периода физиологического покоя и его прорастания на корню) и потерей сухого вещества, ведет к повышению концентрации радиоцезия в зерне.

В группе сортов (*Sv. 01751*, *Sv. 01744*, *Helge*, *Hildur*, *Boeugian*, *Урожайная*) с максимальными значениями радиоцезия преобладали образцы из Красноярского и Приморского краев, Беларуси, Нидерландов, Швеции и Норвегии, с минимальными — из Ростовской области, Украины, Германии, Франции и Чехословакии.

Сорта с высоким накоплением радиоцезия отличаются продолжительным периодом вегетации, большими высотой растений, числом колосков и зерен в колосе, но меньшей массой 1000 зерен. Сорта со слабым накоплением радиоцезия характеризуются более коротким вегетационным периодом, засухоустойчивостью, пластичностью, крупностью зерна, устойчивостью к ЭМИС.

В условиях радиоактивного загрязнения актуальна проблема сочетанного действия различных химических загрязнителей. [16]

Изучение связи накопления в растениях радионуклидов с другими поллютантами — задача предстоящих исследований. Однако отдельные данные, полученные в разных экспериментах, указывают на возможность такой связи. В частности, позднеспелость снижает устойчивость не только к радиоцезию, но и опасному тяжелому металлу кадмию. [3]

Засухоустойчивость понижает уровень цезия-137 и алюминия. Среди крупнозерных пшениц значительно чаще встречаются сорта с минимальным накоплением радиоцезия и комплексом других показателей высокого качества зерна.

Выводы. Таким образом, биосферно-космические принципы селекции, которые рассматриваются в монографии предполагают создание сортов эффективных не агрохимически, а космически, при этом выявляя образцы, максимально использующие энергию не только почвы и солнца, но и других планет в процессе космосинтеза или автотрофности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бондарь П.Ф., Ложилов Н.А., Терещенко Н.Р. и др. Накопление цезия-137 в урожае с.-х. культур на дерново-подзолистой супесчаной почве Полесья Украины // Агрохимия. 1994. № 5. С. 74–79.
2. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы хлебных злаков // Пшеница. М. Л., 1940. 123 с.
3. Гамзикова О.И., Барсукова В.С., Коваль С.Ф. Использование изогенных линий для изучения устойчивости мягкой пшеницы к кадмию и никелю // Генетическая коллекция растений. 1993. № 1. С. 116–131.
4. Драгавцев В.А. Алгоритмы эколого-генетической инвентаризации генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. СПб.: ВИР, 1994. 50 с.

5. Дунин М.С., Темирбекова С.К. Устойчивость пшеницы к ферментативномикозному истощению зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1978. № 4. С. 28–39.
6. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. Пушино: ОНТИ, 1994. 148 с.
7. Калинин И.Г. Селекция озимой пшеницы. М.: Аграрная наука, 1995. 220 с.
8. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат, 1991. 415 с.
9. Лукин В.Д., Мокроусова Г.И. Использование калиевой и кальциевой моделей для предварительного отбора генотипов плодовых культур по признаку накопления радионуклидов в плодах // Всесоюзная конференция «Проблемы ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в агрономическом производстве – 5 лет спустя». Обнинск, Т. 1. С. 63–64.
10. Молчан И.М. Эниология, экология и сорт. М.: Россельхозакадемия, 2007. 579 с.
11. Рерих Л.А., Моисеев И.Т. Влияние основных агрометеорологических факторов на поступление радиоцезия в растения // Агрохимия. 1989. № 10. С. 96.
12. Садыков О.Ф. Прикладные аспекты теоретического наследия С.С. Шварца // Развитие идей С.С. Шварца в современной экологии. М.: Наука, 1991. С. 143–213.
13. Сандухадзе Б.И. Методы и результаты селекции озимой пшеницы в Центральном районе Нечерноземной зоны Российской Федерации. Немчиновка: РАСХН, 1993. 52 с.
14. Темирбекова С.К. О проблеме энзимо-микозного истощения семян («истекания» зерна) в растениеводстве. М.: РАСХН. 1998. 306 с.
15. Ткачук Е.С., Моргун В.В., Савченко Н.П. и др. Генетическая специфичность усвоения натрия, калия и кальция растениями озимой пшеницы // Физиология и биохимия культурных растений. 1992. Т. 24. № 24. С. 348–353.
16. Тухтаев Т.М., Упорова Ц.И., Сорокина С.А. и др. Характер изменения показателей периферической крови при сочетанном действии облучения и пестицида при условии эксперимента // Экспериментальные исследования гигиенических аспектов комбинированного и сочетанного действия физических и химических факторов. М., 1987. С. 121–123.
3. Gamzikova O.I., Barsukova V.S., Koval' S.F. Ispol'zovanie izogennyh linij dlya izucheniya ustojchivosti myagkoj pshenicy k kadmiyu i nikelyu // Geneticheskaya kollekcija rastenij. 1993. № 1. S. 116–131.
4. Dragavcev V.A. Algoritmy ekologo-geneticheskoy inventarizacii genofonda i metody konstruirovaniya sortov sel'skohozyajstvennyh rastenij po urozhajnosti, ustojchivosti i kachestvu. SPb.: VIR, 1994. 50 s.
5. Dunin M.S., Temirbekova S.K. Ustojchivost' pshenicy k fermentativnomikoznomu istoshcheniyu zerna // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1978. № 4. S. 28–39.
6. Zhuchenko A.A. Strategiya adaptivnoj intensifikacii sel'skogo hozyajstva. Pushchino: ONTI, 1994. 148 s.
7. Kalinenko I.G. Selekcija ozimoy pshenicy. M.: Agrarnaya nauka, 1995. 220 s.
8. Klimashevskij E.L. Geneticheskij aspekt mineral'nogo pitaniya rastenij. M.: Agropromizdat, 1991. 415 s.
9. Lukin V.D., Mokrousova G.I. Ispol'zovanie kalievoj i kal'cievoj modelej dlya predvaritel'nogo otbora genotipov plodovyh kul'tur po priznaku nakopleniya radionuklidov v plodah // Vsesoyuznaya konferenciya «Problemy likvidacii posledstvij avarii na CHEAS v agronomicheskom proizvodstve – 5 let spustya». Obninsk, T. 1. S. 63–64.
10. Molchan I.M. Eniologiya, ekologiya i sort. M.: Rossel'hozakademiya, 2007. 579 s.
11. Rerih L.A., Moiseev I.T. Vliyanie osnovnyh agrometeorologicheskikh faktorov na postuplenie radioceziya v rasteniya // Agrohimiya. 1989. № 10. S. 96.
12. Sadykov O.F. Prikladnye aspekty teoreticheskogo naslediya S.S. SHvarca // Razvitie idej S.S. Shvarca v sovremennoj ekologii. M.: Nauka, 1991. S. 143–213.
13. Sanduhadze B.I. Metody i rezul'taty selekcii ozimoy pshenicy v Central'nom rajone Nечernozemnoj zony Rossijskoj Federacii. Nemchinovka: RASKHN, 1993. 52 s.
14. Temirbekova S.K. O probleme enzimo-mikoznogo istoshcheniya semyan («istekaniya» zerna) v rastenievodstve. M.: RASKHN. 1998. 306 s.
15. Tkachuk E.S., Morgunov V.V., Savchenko N.P. i dr. Geneticheskaya specifichnost' usvoeniya natriya, kaliya i kal'ciya rasteniyami ozimoy pshenicy // Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenij. 1992. T. 24. № 24. S. 348–353.
16. Tuhtaev T.M., Uporova C.I., Sorokina S.A. i dr. Harakter izmeneniya pokazatelej perifericheskoy krovi pri sochetannom dejstvii oblucheniya i pesticida pri uslovii eksperimenta // Eksperimental'nye issledovaniya gigienicheskikh aspektov kombinirovannogo i sochetannogo dejstviya fizicheskikh i himicheskikh faktorov. M., 1987. S. 121–123.

REFERENCES

1. Bondar' P.F., Loshchilov N.A., Tereshchenko N.R. i dr. Nakoplenie ceziya-137 v urozhae s.-h. kul'tur na dervovo-podzolistoj supeschanoj pochve Poles'ya Ukrainy // Agrohimiya. 1994. № 5. S. 74–79.
2. Vavilov N.I. Mirovye resursy hlebnih zlakov // Pshenica. M. L., 1940. 123 s.

Поступила в редакцию 21.02.2024
Принята к публикации 06.03.2024

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ДРУГИХ ОТРАСЛЕЙ

Владимир Иванович Зеников, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», г.п. Одинцово, Московская область, Россия
E-mail: ilios-astro@bk.ru

Аннотация. В статье представлена новая технология производства органических удобрений. Проведена работа по экспериментальному изучению всех способов получения и качества удобрений с применением современных средств (компьютерное моделирование динамического процесса перемешивания, микробиологический анализ образцов органических удобрений и их компонентов, а также физическое и математическое моделирование). В течение 30 лет ученые и специалисты сельского хозяйства выполняли работу по различным направлениям: анаэробное брожение, переработка жидкой фракции бесподстилочного и подстилочного навоза и аэробная ферментация. В результате аэробная ферментация оказалась более экономически выгодной в производстве и высокоэффективной при использовании в земледелии ее продукта — почвенно-биологического комплекса (ПБК). При внесении его в почву (6 т/га) происходит обогащение 600 кг органического вещества, что эквивалентно эффекту 40 т/га традиционного компоста. Основной результат работы — решение авторов использовать в качестве научной гипотезы аэробной ферментации микробиологическое сообщество как основы всего процесса. Разработанная технология успешно прошла государственные испытания на двух машинно-испытательных станциях. Эффективность применения ПБК подтверждена опытами Федерального исследовательского центра «Немчиновка» на полях Липецкой области при выращивании картофеля.

Ключевые слова: перспективная технология аэробной ферментации, почвенно-биологический комплекс, микробиологическое сообщество, техническое перевооружение, кустовая система

PROMISING TECHNOLOGY FOR AEROBIC FERMENTATION OF BY-PRODUCTS FROM AGRICULTURE AND OTHER INDUSTRIES

V.I. Zenikov, PhD in Engineering Sciences, Senior Researcher
Federal Research Center «Nemchinovka», Odintsovo, Moscow region, Russia
E-mail: ilios-astro@bk.ru

Abstract. We were tasked with developing a technology for the production of organic fertilizers, which would eliminate the disadvantages of the currently used methods of their production. In addition to theoretical research, we have carried out a lot of work on the experimental study of all methods and the quality of fertilizers obtained, applied the latest tools in research of this type, for example, computer modeling of the dynamic mixing process and a thorough microbiological study of various samples of organic fertilizers and their components. In addition to the above-mentioned research methods, we have applied physical and mathematical modeling and an extensive system of microfield experiments. The work has been carried out for almost 30 years by a large number of scientists and agricultural specialists in various fields: anaerobic fermentation, processing of liquid fraction, bespodstillochny and litter manure and aerobic fermentation. As a result, aerobic fermentation turned out to be more economically profitable in production and highly effective when using its product in agriculture — the soil biological complex (PBK). For example, PBK, when applied to the soil of 6 t/ha, enriches it with 600 kg of organic matter, which is equivalent to the effect of 40 t/ha of traditional compost. The main result of the work was the authors' decision to use the microbiological community as the basis of the whole process as a scientific hypothesis of aerobic fermentation. The developed technology has successfully passed state acceptance tests at 2 machine testing stations and is recommended for use in agriculture. The effectiveness of PBK application has been confirmed in CJSC State Farm named after Lenin in the research of the Federal Research Center «Nemchinovka» in the fields of the Lipetsk region when growing potatoes by McCain and other farms.

Keywords: promising technology for aerobic fermentation, soil biological complex, microbiological community, technical re-equipment, bush system

Любая проведенная работа в области науки и техники со временем требует изменений и улучшений.

Цель исследований — показать, что после теоретических, экспериментальных, опытно-конструкторских работ, заканчивающихся государственными приемочными испытаниями с положительной рекомендацией о широком применении технологии аэробной ферментации в практике сельского хозяйства РФ, возможно существенное улучшение технологического процесса. Оно должно происходить по двум направлениям: коренной пересмотр микробиологического сообщества для увеличения эффективности почвенно-биологического комплекса (ПБК) в борьбе с сорной растительностью и болезнями

растений; техническое перевооружение технологического процесса для снижения трудовых и финансовых затрат при реализации технологии аэробной ферментации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2016 году силами двух машиноиспытательных станций (Центральная и Подольская) на базе племзавода «Слободской» (п. Павловская Слобода Московской области) были проведены государственные приемочные испытания технологии производства почвенно-биологического комплекса с рекомендацией о применении ее в сельском хозяйстве.

Технологию аэробной ферментации, лежащую в основе производства почвенно-биологического комплекса, разрабатывали ученые и специалисты различных институтов сельского хозяйства и Российской академии наук.

Цель технологического процесса ферментации — выращивание микроорганизмов в оптимальных условиях. Была проделана большая экспериментальная работа по установлению этих условий на различных видах основного сырья (навоз КРС и свиной, птичий помет). Полученный в результате аэробной ферментации почвенно-биологический комплекс оказался высокоэффективным удобрением. Одновременно были выявлены дополнительные свойства ПБК. Компост подавляет сорную растительность до 20% и некоторые болезни почвы и растений до 80%. Доза внесения ПБК в почву (6...7 т/га) эквивалентна по усвоению органического вещества 40 т/га традиционного компоста, производимого в буртах. ПБК не содержит семян сорняков и болезнетворных бактерий.

При систематическом применении ПБК организмов будет увеличиваться и одновременно снижаться доза его внесения при сохранении того же эффективного влияния на плодородие почвы.

По данным академика РАН В.А. Захаренко потери урожайности от бактерий составляют до 32,5%, сорняков — до 38,3%. ПБК на 30% снижает болезни растений, на 25% сорную растительность, что позволяет дополнительно получить 30...40 млн т зерновых единиц урожая.

Мы нашли причину низкой эффективности традиционного компоста в буртах. Совместно с Институтом прикладной математики имени Келдыша было проведено компьютерное моделирование динамического процесса перемешивания существующими агрегатами. Установлено, что ни один из них, даже в случае многократного перемешивания, не обеспечивает требуемую равномерность смеси (10...15%). Это создает условия для протекания в бурте различных отрицательных процессов (плесневение, гниение, аммонификация и другие).

Широкие перспективы у технологии аэробной ферментации будут обеспечены развитием микробиологического направления. Почвенно-биологический комплекс обладает свойствами удобрения, фунгицида и гербицида. Исследования академика РАН И.А. Тихановича о взаимодействии между почвенными микроорганизмами и их сообщества с растениями дает основание предположить, что достигнутые показатели ПБК не предельные. По нашему мнению, эту проблему необходимо изложить в форме Федеральной программы, обеспечить ее финансирование и создать научные и материально-технические подразделения в институтах микробиологии и почвоведения. С помощью технологического оборудования осуществляют операции процесса приготовления ПБК: прием компонентов, транспортировка их к месту перемешивания, весовое дозирование, перемешивание, контроль температуры, транспортировка в биоконвертер, аэробная ферментация, выгрузка из биоконвертера и выдерживание в течение 10...12 дн. на открытой площадке (рис. 1). Оборудование производства ПБК включает: приемный бункер навоза, помета, шнековые транспортеры, тензодатчики весового дозирования, смеситель бункерного типа, шнек выгрузки из смесителя, мобильный погрузчик, биоконвертер с вентиляторов высокого давления.

Перспективная технология предлагает сокращение единиц оборудования и ускорение рабочего цикла производства партии ПБК.

Приемный бункер перспективной технологии должен быть не менее 8 м³. Из бункера навоз, помет транспортируют шнеком-смесителем, и длина его должна быть не менее 80 м. В шнек подается углеродосодержащий компонент (солома, торф, опилки) специальным транспортером для равномерного дозирования (рис. 2).

Перемешанную в них массу подают в горизонтальный шнек в верхней части биоконвертера, который транспортирует смесь в биоконвертер, постепенно его заполняя с помощью специального устройства,

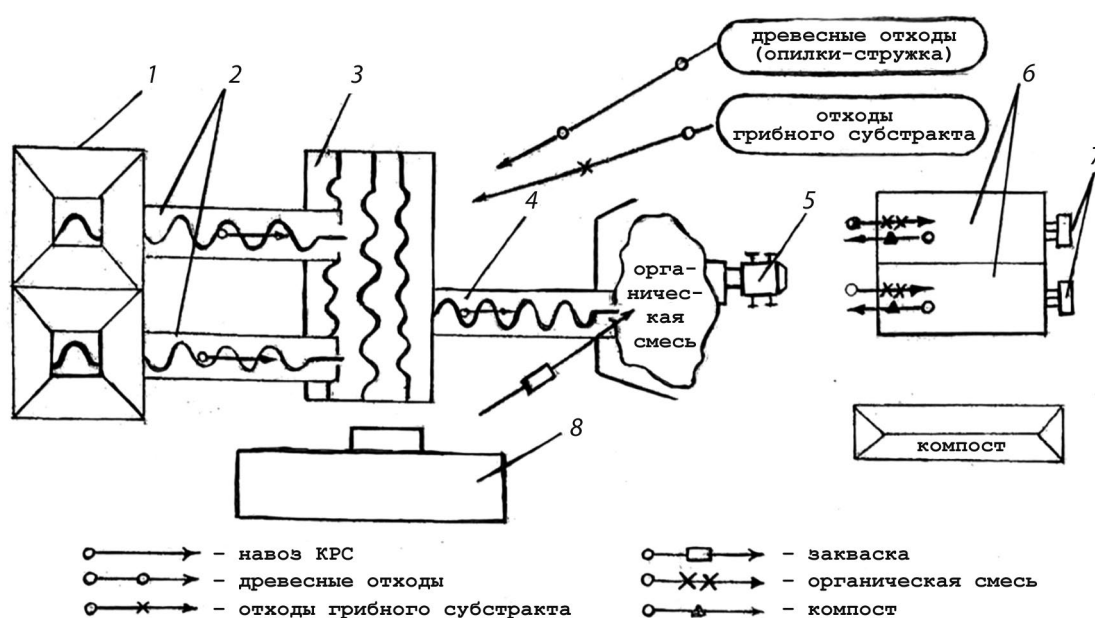


Рис. 1. Технологическая схема производства компоста: 1 — приемный бункер навоза; 2 — загрузочные транспортеры; 3 — смеситель РСП-10; 4 — отгрузочный транспортер; 5 — погрузчик ПУМ-500; 6 — биоконвертер; 7 — вентиляторы; 8 — служебное помещение.

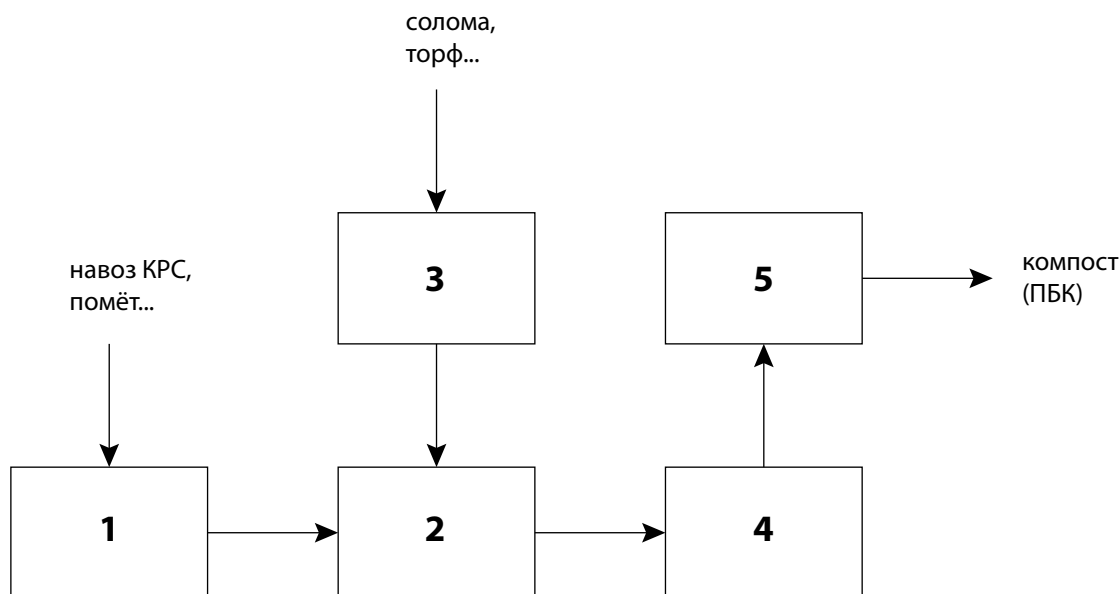


Рис. 2. Технологическая схема перспективной технологии аэробной ферментации: 1 – приемный бункер, 2 – шнек-смеситель, 3 – транспортёр равномерной выдачи (Патент № 246151), 4 – шнек загрузки биоконвертера; 5 – биоконвертер (Патент № 2461511).

состоящего из батареи параллельных шнеков вдоль биоконвертера. Батарея может перемещаться по вертикали. При загрузке шнеки, включаясь поочередно, заполняют весь объем биоконвертера, при выгрузке все шнеки работают одновременно, постепенно опускаясь вниз до полного его освобождения.

Такая схема позволит исключить погрузчик из состава технического оборудования и обеспечит непрерывность технологического процесса. Погрузчик выполняет периодическую работу по доставке углеродосодержащего компонента. В другое время он занят на общехозяйственных объектах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Опыт внедрения технологии аэробной ферментации позволяет сформулировать основы системы производства ПБК, подчинив ее единой технологической схеме без отступлений с учетом особенностей каждого хозяйства. Специалисты-практики, переделывая ключевую технологию процесса и оборудования, устанавливают свои правила ведения процесса ферментации.

Для создания единой высокоэффективной системы производства ПБК с обеспечением качества продукта нами предложена система федерального производства и контроля.

В нее должны входить консультационная служба, аналитические лаборатории и специалисты по реализации технологии аэробной ферментации и применению ПБК.

Для дальнейшего совершенствования технологии и оборудования научно-производственные предприятия должны осуществлять координацию реализации технологии и производства ПБК в хозяйстве и способны выполнять НИР и ОКР.

В предлагаемую систему необходимо включить предприятия по изготовлению, ремонту и модернизации технологического оборудования.

Целесообразно организовать кустовые группы хозяйств с сотрудниками одного комплекса по произ-

водству ПБК. Эти кустовые предприятия включают в себя лаборатории по агрохимии и микробиологии и выдают рекомендации по составу смеси на основании анализов.

Кустовые предприятия-производители ПБК реализуют продукт хозяйства на договорных условиях. Большинство хозяйств предпочитают рассчитываться выращенной или другой произведенной продукцией. Но это может быть невыгодно для производителей ПБК. В таком случае следует принимать взаимовыгодные решения.

Кустовые научно-производственные предприятия осуществляют контроль качества ПБК, проводят полевые эксперименты по определению эффективных приемов их использования, оказывают консультационную помощь.

Ориентиром для формирования куста-производителя ПБК считают объем производства – 2500 т ПБК/нед. в рассыпном виде, так как это выгодно для продажи за рубеж. Маркетинг показал, что ПБК гарантированно можно продавать по минимальной цене 50...60 \$ США за тонну, в фасованном виде в пять-шесть раз дороже.

Производство ПБК позволит хозяйствам обеспечить свои посевы высокоэффективными удобрениями, а при продаже излишков получить немалую прибыль.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Теоретические аспекты разработки инновационной технологии ускоренного восстановления почвенного плодородия и техническое средство для ее реализации // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 61–67.
2. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Технико-экономическое обоснование систем переработки твердого навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения и их использование в растениеводстве // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». Агроинженерия. Экономика и организация производства в агропромышленном комплексе. 2013. № 2 (58). С. 80–85.

3. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Экономико-технологическое обоснование применения ресурсосберегающих технологий производства жидких концентрированных удобрений в Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 301–304.
4. Захаренко В.А. Экологическая оценка фитосанитарного состояния агроэкосистем в земледелии России // Агрохимия. 2003. № 5. С. 29–40.
5. Зеников В.И., Харламов Е.П., Глазков И.К. Технология ускоренного производства биокомпостов с использованием биоконвертеров. Брошюра ВНИПТИХИМ, Немчиновка, 2000.
6. Лачуга Ю.Ф., Зеников В.И. Новое направление в производстве органических удобрений // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 101–103.
7. Министерство сельского хозяйства РФ, Агропромышленный комплекс России. М., 2013. С. 217, 238, 244.
8. Новиков М.Н., Флорова Л.Д. Приемы повышения эффективности использования органических удобрений и сидератов в полевом севообороте. Владимир: ГНУ ВНИИОУ, 2014. С. 27–29.
9. Распоряжение Правительства РФ № 98-Р от 27.01.2015. «План первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015г.».
10. Фирсов С.А. Состояние плодородия почв Тверской области // Агрохимический вестник. 2011. № 5. С. 30–32.
11. Хрымов В.Д., Горелов А.А. Экспериментальные исследования аэратора буртов навоза // Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. 2012. № 4 (8). С. 54–55.
12. Центральная МИС. Протокол № 13-25-05 (1050013) от 07.12.2005. Солнечногорск, 2005.
- ee realizacii // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. 2015. № 1. С. 61–67.
2. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie sistem pererabotki tverdogo navoza zhivotnovodcheskih predpriyatij v vysokokachestvennye organicheskie udobreniya i ih ispol'zovanie v rastenievodstve // Vestnik FGBOU VPO «MGAU im. V.P. Goryachkina». Agrozinheneriya. Ekonomika i organizaciya proizvodstva v agropromyshlennom komplekse. 2013. № 2 (58). С. 80–85.
3. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Ekonomiko-tekhnologicheskoe obosnovanie primeneniya resursosberegayushchih tekhnologij proizvodstva zhidkih koncentrirovannyh udobrenij v Rostovskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (53). С. 301–304.
4. Zaharenko V.A. Ekologicheskaya ocenka fitosanitarnogo sostoyaniya argoekosistem v zemledelii Rossii // Agrohimiya. 2003. № 5. С. 29–40.
5. Zenikov V.I., Harlamov E.P., Glazkov I.K. Tekhnologiya uskorenno go proizvodstva biokompostov s ispol'zovaniem bio-konverterov. Broshyura VNIPTIHIM, Nemchinovka, 2000.
6. Lachuga Yu.F., Zenikov V.I. Novoe napravlenie v proizvodstve organicheskikh udobrenij // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 4. С. 101–103.
7. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF, Agropromyshlennyy kompleks Rossii. M., 2013. С. 217, 238, 244.
8. Novikov M.N., Florova L.D. Priemy povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya organicheskikh udobrenij i sideratov v polevom sevooborote. Vladimir: GNU VNIIOU, 2014. С. 27–29.
9. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF № 98-R ot 27.01.2015. "Plan pervoocherednyh meropriyatij po obespecheniyu ustojchivogo razvitiya ekonomiki i social'noj stabil'nosti v 2015 g.".
10. Firsov S.A. Sostoyanie plodorodiya pochv Tverskoj oblasti // Agrohimicheskij vestnik. 2011. № 5. С. 30–32.
11. Hrymov V.D., Gorelov A.A. Eksperimental'nye issledovaniya aeratora burtov navoza // Mekhanizaciya, avtomatizaciya i mashinnye tekhnologii v zhivotnovodstve. 2012. № 4 (8). С. 54–55.
12. Central'naya MIS. Protokol № 13-25-05 (1050013) ot 07.12.2005. Solnechnogorsk, 2005.

REFERENCES

1. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Teoreticheskie aspekty razrabotki innovacionnoj tekhnologii uskorenno go vosstanovleniya pochvenno go plodorodiya i tekhnicheskoe sredstvo dlya

Поступила в редакцию 14.02.2024
Принята к публикации 28.02.2024

АНЕМИЧЕСКИЙ СИНДРОМ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОАНЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Алексей Алексеевич Евглевский, доктор ветеринарных наук, профессор
ФГБНУ Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия
E-mail: evgl46@yandex.ru

Аннотация. В статье отражена проблема недостаточной эффективности средств противоанемической терапии и предложен авторский подход ее решения. До последнего времени в медицине и ветеринарии отсутствие ожидаемого результата лечения объясняли низкой биодоступностью железа. При этом не учитывали вопрос, что для его усвоения необходима энергия. Нередко применение препаратов железа проявляется побочными реакциями, в частности активацией процессов свободнорадикального окисления вплоть до гибели животных. На основании теоретического анализа развития сбоев энергетического метаболизма обосновывается перспектива использования сукцинатов для обеспечения организма быстрой энергией. В качестве показательного примера представлены результаты клинических исследований по включению сукцината натрия в состав фармакопейного Ферроглюкина. В ходе опытов на телятах со сложным симптомокомплексом гипотрофии, астении и анемии было установлено, что инъекционное применение сукцината содержащего Ферроглюкина обеспечило более выраженный метаболический и противоанемический эффект, по сравнению с фармакопейным препаратом. Новый подход заслуживает внимания научных исследователей, занимающихся разработкой противоанемических препаратов, в том числе и самих производителей препарата Ферроглюкин.

Ключевые слова: анемический синдром, препараты железа, энергетический метаболизм, сукцинаты

ANEMIC SYNDROME: CONDITION, PROBLEMS AND POSSIBLE APPROACHES TO INCREASING THE EFFECTIVENESS OF ANTI-ANEMIC THERAPY

Al.A. Evglevskiy, *Grand PhD in Veterinary Sciences, Professor*
FGBNU Kursk Federal Agrarian Research Center, Kursk, Russia
E-mail: evgl46@yandex.ru

Abstract. The materials of this article reflect the problem of low effectiveness of antianemic therapy and propose an author's approach to solving it. Until recently, in medicine and veterinary medicine, the low effectiveness of antianemic therapy was traditionally explained by the low bioavailability of iron. At the same time, the question remained that energy is needed for the assimilation of iron. With a low energy potential of the body, the antianemic activity of iron preparations is sometimes close to placebo. Moreover, the use of iron preparations is often manifested by side reactions, in particular to the activation of free radical oxidation processes up to the death of animals. Based on the theoretical analysis of the development of energy metabolism failures, the prospect of using succinates to provide the body with fast energy is substantiated. As an illustrative example, the results of clinical studies on the inclusion of sodium succinate in the composition of pharmacopoeial Ferroglucine are presented. During clinical experiments on calves with a complex symptom complex of hypotrophy, asthenia and anemia, it was found that the injectable use of succinate containing Ferroglucine provided a much more pronounced metabolic and antianemic effect compared with a pharmacopoeial drug. This approach is new and deserves the attention of scientific researchers involved in the development of antianemic drugs, including the manufacturers of the drug Ferroglucine themselves for the specific use of the research results obtained.

Keywords: anemia syndrome, iron preparations, energy metabolism, succinates

Одной из наиболее распространенных клинических форм нарушения обменных процессов в организме человека и животных считается анемия. По данным ВОЗ анемический синдром (малокровие) наблюдается у 30% населения планеты. [20, 21]

В ветеринарии проблема анемии наиболее остро стоит в промышленном свиноводстве. У подсосных поросят анемический синдром развивается быстро и к 10-дневному возрасту достигает критических значений. [3, 18] Сохранить их здоровье без применения противоанемических препаратов невозможно. Многочисленные клинические наблюдения свидетельствуют о том, что анемический синдром, в той или иной степени выраженности — атрибут практически всех патофизиологических состояний и многих инфекционных заболеваний животных. При кетозе количество эритроцитов может снижаться до 4 млн/мл, а гемоглобин до 50 г/л и ниже. При таком уровне гемоглобина организм

человека и животных постоянно находится в состоянии астении (упадок сил). Астения — это не только физическая слабость, а прежде всего дефицит энергии, необходимой для нормальной жизнедеятельности организма. Этот аспект и определяет проблему анемического синдрома в медицине и ветеринарии, а также экономическую значимость в промышленном животноводстве.

Цель работы — научно обосновать роль сбоя энергетического метаболизма в условиях анемического синдрома и обозначить возможные подходы их решения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретическая основа научных исследований — анализ развития процессов нарушения энергетического обмена, протекающих в условиях кислородной недостаточности и обоснование применения сукцинатов для быстрого обеспечения энергией синтеза эри-

троцитов. Объект изучения — фармакопейный Ферроглюкин-75 и опытный образец сукцинат содержащего Ферроглюкина. Оба препарата имели одинаковую концентрацию железа. Клинические опыты проводили на телятах 2...2,5-месячного возраста с симптомокомплексом гипотрофии и анемического синдрома.

Биохимические параметры сыворотки крови устанавливали на автоматическом анализаторе Bio Chem FC-200. Уровень гемоглобина определяли с применением гемометра Сали, количество эритроцитов — в камере Горяева по стандартным методикам. Биометрическую обработку цифровых показателей провели, используя табличный процессор Microsoft Office Excel-2010. Значимость различий между группами оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для лечения анемии в медицине и ветеринарии применяют железосодержащие препараты, так как 90% анемий связано с недостатком железа в организме. Такие препараты стимулируют синтез эритроцитов клеток крови ответственных за перенос кислорода. [6, 9, 14]

Хорошо известны препараты, созданные на основе неорганических и органических солей железа, в частности сульфата железа (Феоспан, Конферон, Тардиферрон, Актиферрин, Ферроградумед и другие), сульфитов закиси железа (Феррокаль, Ферроплекс), а также хлорида и лактата железа. Для получения противоанемических препаратов используют двух- и трехвалентные формы железа. [3, 18, 19] Лучшую всасывающую активность в кишечнике проявляет железо в двухвалентной форме. Однако трехвалентное железо в кислой среде желудка легко переходит в двухвалентную форму.

Основной недостаток противоанемических железосодержащих препаратов перорального применения — их низкая терапевтическая эффективность и побочное действие (изжога, токсикоз, рвота, боли в области желудка, диарея). Это связано с тем, что при окислении солей металлов в организме образуются свободные радикалы, которые повреждают слизистую желудочно-кишечного тракта. [2, 5, 19] Продолжительный курс перорального применения железосодержащих препаратов невозможен.

Еще один немаловажный аспект перорального применения противоанемических препаратов — низкая биодоступность железа. В медицине для ее повышения активно проводят исследования по разработке комплексных препаратов. Созданы противоанемические препараты сочетающие в единой лекарственной форме соли железа с аскорбиновой кислотой (Ферроплекс, Железоаскорбат), фитином (Фитоферолактол), медью (Гемостимулин), алоэ и лимонной кислотой (Ферралоз), фосфором (Глицерофосфат), аминокислотами D,L- серином (Актиферрин), а также на основе различных полисахаридных комплексов — Мальтофер, Мальтофер Фол, Феррум Лек.

Разработаны инъекционные препараты с трехвалентным железом: Феррум Лек для внутримышечного введения, Венофер и Феринжент — внутривенного. [19]

В ветеринарии для лечения анемии предпочтение отдают железосодержащим инъекционным препаратам. Их легче дозировать и клинический эффект проявля-

ется гораздо быстрее. Широко применяют Ферроглюкин, представляющий собой комплекс трехвалентного железа и декстрана, аналогичный препарат Феранимал. Предлагается фармакопейная форма Ферроглюкина и Цианокобаламина (Ферроглюкин+В-12 Био). Хорошо известен в ветеринарии Урсоферран на основе трехвалентного железа и декстран-гептоновой кислоты.

Использование противоанемических препаратов на фоне недостатка антиоксидантов (гиповитаминоз Е, дефицит селена) приводит к активации процессов свободнорадикального окисления вплоть до гибели животных. [2, 5]

По информации специалистов практической ветеринарии имеют место случаи развития аутоиммунных и анафилактических реакций. В попытке снизить токсичность препаратов железа разработан Седимин, представляющий собой комплексное соединение железа, йода и селена. Для повышения биодоступности железа и уменьшения вероятности токсичного действия противоанемических препаратов проведены исследования комплексов железо+ янтарная кислота. [1, 5]

Действие препаратов железа направлено на стимуляцию эритропоэза, так как эритроциты крови ответственны за доставку кислорода во все ткани и клетки. Однако для усваивания кислорода нужна энергия. При недостаточном кислородном обеспечении синтез энергии идет по наименее продуктивному анаэробному пути с накоплением в организме большого количества недоокисленных продуктов энергетического метаболизма. [4] В условиях анемии сдвиг кислотно-щелочного баланса в сторону метаболического ацидоза блокирует поступление кислорода в клетки. [11, 12, 15]

При закислении организма плохо усваиваются жизненно важные микроэлементы, некоторые из них (Са, Na, К, Mg, Fe) усиленно выводятся. [1, 4, 5, 7] Большая потеря железа приводит к снижению синтеза эритроцитов и уменьшению их насыщенности гемоглобином. Развивается состояние метаболической анемии, ухудшается перенос кислорода к органам и тканям, развивается гипоксия, замедляется аэробный (основной) путь выработки энергии. [1, 4, 7, 11, 12, 15] Промежуточный продукт гликолиза (пируват) не подвергается окислительному декарбоксилированию и не вовлекается в цикл Кребса. [1, 4] Без кислорода не может быть энергии. Таким образом, развивающийся сбой энергетического метаболизма при анемическом синдроме — сдерживающий фактор эффективности применяемых средств превентивной и лечебной противоанемической терапии.

Быстро обеспечить энергией организм в условиях низкого синтеза энергии возможно с помощью сукцинатов (соли янтарной кислоты). Впервые их высокая эффективность для активации процессов энергетического обмена была показана в 70-е годы XX века. Учеными института теоретической и экспериментальной биофизики АН СССР было установлено, что при кислородной недостаточности дыхательная цепь митохондрий не может принять на себя водород от какого-либо иного субстрата, кроме янтарной кислоты (ЯК). Благодаря этому происходит образование высокоэнергетических фосфатных связей и реализуется синтез молекул АТФ.

Таким образом, только янтарная кислота или ее соли-сукцинаты имеют возможность быстро обеспечить синтез АТФ (энергии), необходимой для усвоения

Метаболическая и гематологическая активность сукцинат содержащего Ферроглюкина на телятах-гипотрофиках с симптомокомплексом анемической и энергетической недостаточности

Группа (препарат)	Общий белок, г/л	Резервная щелочность, ммоль/л	Глюкоза, ммоль/л	Эритроциты, 10 ¹² /мл	Гемоглобин, г/л
I	65,3 ± 1,22	14,25 ± 0,46	1,6 ± 0,01	4,26 ± 0,56	69,8 ± 3,6
Ферроглюкин	69,4 ± 1,39	16,35 ± 0,67	1,8 ± 0,02	4,75 ± 0,49	75,4 ± 3,5
II	56,2 ± 1,7	13,83 ± 0,82	1,6 ± 0,02	4,27 ± 0,62*	68,5 ± 3,6
Ферроглюкин + сукцинат натрия	69,7 ± 1,56*	18,54 ± 0,69*	2,2 ± 0,03	5,74 ± 0,58	87,6 ± 3,5*
Норма	72...86	19...27	2,2...3,9	5,0...7,5	90...120

Примечание. Верхняя строка — фоновые показатели, нижняя — показатели на 14 сутки. * — уровень достоверности (P<0,05) по отношению к показателям первой группы.

кислорода клетками. Субстраты цикла Кребса (ацетат, малат, фумарат) не заменяют сукцинат в окислении трикарбоновых кислот. [11, 15] Мощност системы энергопродукции, замыкающейся на янтарной кислоте и ее солях, в сотни раз превосходит все другие системы энергообразования организма. В настоящее время широкое применение получают препараты энерго-метаболического действия, в состав которых входит янтарная кислота или ее соли-сукцинаты. [10, 16] Их действие ориентировано на быстрое обеспечение организма энергией и восстановление биохимических реакций энергетического метаболизма, нарушенных патологическими процессами. [4, 7, 8, 13, 17] В условиях дефицита энергии трудно обеспечить активацию эритропоэза. Без стимуляции пути синтеза энергии добиться быстрого позитивного клинического эффекта лечения анемии нельзя.

Мы представляем результаты клинических опытов по оценке сукцинат содержащего ферроглюкина, проведенных в учхозе Курской ГСХА на телятах гипотрофиках 2...2,5-месячного возраста с симптомокомплексом анемической, йодной и энергетической недостаточности.

В качестве противоанемического препарата применяли фармакопейный Ферроглюкин-75 (низкомолекулярный комплекс декстрана с трехвалентным железом). Для получения сукцинат содержащего ферроглюкина использовали фармакопейный Ферроглюкин-100. Сукцинат натрия — это водный раствор 4% янтарной кислоты, нейтрализованный гидроксидом натрия (рН = 6,0...6,3) и 0,75% новокаина. В соотношении одна часть 4% раствора сукцината и три Ферроглюкина-100, на выходе получалась та же концентрация железа, что и в Ферроглюкине-75.

На одной группе телят (n-5) применяли фармакопейный Ферроглюкин, другой (n-7) — сукцинат содержащий Ферроглюкин. Препараты вводили внутримышечно (5,0 мл) один раз в семь дней. О состоянии метаболизма и кровотворения судили по стандартным биохимическим (общий белок, резервная щелочность, глюкоза, общий кальций, неорганический фосфор) и гематологическим (гемоглобин, эритроциты) показателям крови (см. таблицу).

На пятые и 14-е сутки клиническое состояние телят I группы без изменений, II — на пятые сутки улучшение аппетита, 14-е — редуцирование аллопций (участки без роста волос на коже).

Биохимические показатели крови телят на 14-е сутки фактически подтвердили клинический статус животных. Показатель глюкозы у телят, на которых тестировали комплекс ферроглюкин + сукцинат натрия, достиг

нижней границы физиологических значений, в то время как у телят I группы (Ферроглюкин) он лишь приобрел тенденцию роста. Такой эффект связан с тем, что сукцинат натрия (янтарная кислота) в условиях гипоксии (анемический синдром) позволяет вовлечь в энергетический обмен недоокисленные энергетические субстраты. Именно этим объясняется эффект быстрого восстановления до нормативных значений показателя резервной щелочности, что может свидетельствовать о переходе энергетического обмена на аэробный тип. Таким образом, сукцинат натрия — фактор активации всего энергетического метаболизма. На это указывает рост в сыворотке крови показателя глюкозы.

Выводы. В условиях дефицита энергии и сбоя энергетического метаболизма применение сукцината обеспечило клинически быстрый энергетический эффект, что благоприятным образом отразилось на ускорении редуцирования анемического синдрома. Данный аспект необходимо принять во внимание производителям противоанемических препаратов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гасанов А.С. Использование сукцината железа в кормлении поросят // Зоотехния. 2005. № 4. С. 15–16.
2. Дельцов А.А., Содбоев Ц.Ц., Антипов А.А. и др. Оксидативные реакции сыворотки крови поросят при введении железосодержащих препаратов // Ветеринария. 2011. № 5. С. 15–17.
3. Дорожкин В.И. Фармакологические и токсикологические свойства биокоординационных соединений. Автореф. дис. д-ра биол. наук. Воронеж, 1998. 45 с.
4. Евлевский А.А., Рыжкова Г.Ф. Нарушения аэробного пути синтеза энергии: проблемы, последствия, возможные подходы к их решению // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 68–72. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/68-72
5. Енгашев С.В., Староверов С.А., Волков А.А. и др. Сравнительная характеристика биодинамики хелатного и декстранового комплексов железа // Ветеринария. 2013. № 6. С. 50–52.
6. Ивакина С.Н., Нагимова Г.М., Бакиров Б.А., Кудлай Д.А. Анализ применения железосодержащих лекарственных препаратов для лечения анемии в России // Профилактическая медицина. 2021. № 24 (4). С. 13–22.
7. Маевский Е.И., Васильева А., Гришина Е. и др. Метаболическое обоснование применения сукцинат содержащих композиций для поддержания высокой функциональной активности организма // Cardiometry. 2020. № 16. С. 15–25. DOI: 10.12710/Cardiometry.2020.16.1525.
8. Маевский Е.И., Гришина Б.В., Розенфельд А.С. Обоснование использования биологически активных добавок

- янтавит и митомин на основе янтарной кислоты // Научно-популярный медицинский журнал. 2000. Т. 1. С. 25–31.
9. Мартынов А.И., Лукина Е.А., Малявин А.Г. и др. Современный взгляд на лечение дефицита железа и фолиевой кислоты // Профилактическая медицина. 2023. № 26 (7). С. 80–87.
 10. Никитина Е.В., Романова Н.К. Янтарная кислота и ее соли как индивидуальные антиоксиданты и генопротекторы // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 10. С. 375–381.
 11. Оковитый С.В., Радько С.В. Применение сукцинатов в спорте (Научный обзор) // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2015. № 6. С. 59–65.
 12. Оковитый С.В., Радько С.В. Сукцинаты как быстродействующие корректоры астении // Фарматека. 2017. № 4 (337). С. 67–71.
 13. Оковитый С.В., Суханов Д.С., Заплутанов В.А., Смагина А.Н. Антигипоксанта в современной клинической практике // Клиническая медицина. 2012. Т. 90. № 9. С. 69–74.
 14. Рахманалиев А.Р. Железодефицитная анемия: пути решения проблемы (обзор) // Наука и новые технологии. 2009. № 1-2. С. 6–78.
 15. Розенфельд А.С., Маевский Е.И. Теоретико-методологические аспекты действия сукцината при спортивных нагрузках и гипоксии. Екатеринбург, 2007. 174 с.
 16. Смирнов А.В., Нестерова О.Б., Голубев Р.В. Янтарная кислота и ее применение в медицине // Нефрология. 2014. № 4. С. 12–24.
 17. Стецуря Я.А., Шоломов И.И., Щуковский Н.В. и др. Коррекция астенического синдрома на фоне приема препаратов янтарной кислоты. Бюл. мед. интернет-конференций. 2015. № 5 (4). С. 265–268.
 18. Трошин А.Н. Фармакология и применение препаратов железа в ветеринарии и животноводстве. Автореф. дис. ... д. в.н., Краснодар, 2013. 38 с.
 19. Чернов В.М., Тарасова И.С. Эффективность и безопасность препаратов трехвалентного железа в лечении железодефицитной анемии // Лечащий врач. 2013. № 8. С. 40–44.
 20. Benoist B, McLean E, Egli I. Worldwide Prevalence of Anaemia 1993–2005 Geneva: World Health Organization; 2008.
 21. The global prevalence of anaemia in 2011 World Health Organization, 2015.
 22. k ih resheniyu // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 1. С. 68–72. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/68-72
 5. Engashev S.V., Staroverov S.A., Volkov A.A. i dr. Sravnitel'naya charakteristika biodinamiki helatnogo i dekstranovogo kompleksov zheleza // Veterinariya. 2013. № 6. С. 50–52.
 6. Ivakina S.N., Nagimova G.M., Bakirov B.A., Kudlaj D.A. Analiz primeneniya zhelezosoderzhashchih lekarstvennyh preparatov dlya lecheniya anemii v Rossii // Profilakticheskaya medicina. 2021. № 24 (4). С. 13–22.
 7. Maevskij E.I., Vasil'eva A., Grishina E. i dr. Metabolicheskoe obosnovanie primeneniya suksinat soderzhashchih kompozicij dlya podderzhaniya vysokoj funkcional'noj aktivnosti organizma // Sardiometry. 2020. № 16. С. 15–25. DOI: 10.12710/Sardiometry.2020.16.1525.
 8. Maevskij E.I., Grishina B.V., Rozenfel'd A.S. Obosnovanie ispol'zovaniya biologicheskii aktivnyh dobavok yantavit i mitemin na osnove yantarnoj kisloty // Nauchno-populyarnyj medicinskij zhurnal. 2000. Т. 1. С. 25–31.
 9. Martynov A.I., Lukina E.A., Malyavin A.G. i dr. Sovremennyy vzglyad na lechenie deficita zheleza i folievoj kisloty // Profilakticheskaya medicina. 2023. № 26 (7). С. 80–87.
 10. Nikitina E.V., Romanova N.K. YAntarnaya kislota i ee soli kak individual'nye antioksidanty i genoprotektory // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2010. № 10. С. 375–381.
 11. Okovityj S.V., Rad'ko S.V. Primenenie suksinатов v sporte (Nauchnyj obzor) // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury. 2015. № 6. С. 59–65.
 12. Okovityj S.V., Rad'ko S.V. Sukcinaty kak bystrodeystvuyushchie korrektoary astenii // Farmateka. 2017. № 4 (337). С. 67–71.
 13. Okovityj S.V., Suhanov D.S., Zaplutanov V.A., Smagina A.N. Antigipoksanty v sovremennoj klinicheskoy praktike // Klinicheskaya medicina. 2012. Т. 90. № 9. С. 69–74.
 14. Rahmanaliev A.R. Zhelezodeficitnaya anemiya: puti resheniya problemy (obzor) // Nauka i novye tekhnologii. 2009. № 1-2. С. 68–78.
 15. Rozenfel'd A.S., Maevskij E.I. Teoretiko-metodologicheskie aspekty dejstviya suksinata pri sportivnyh nagruzkah i gipoksii. Ekaterinburg, 2007. 174 s.
 16. Smirnov A.V., Nesterova O.B., Golubev R.V. Yantarnaya kislota i ee primenenie v medicine // Nefrologiya. 2014. № 4. С. 12–24.
 17. Stecura Ya.A., Sholomov I.I., Shchukovskij N.V. i dr. Korrekciya astenicheskogo sindroma na fone priema preparatov yantarnoj kisloty. Byul. med. internet-konferencij. 2015. № 5 (4). С. 265–268.
 18. Troshin A.N. Farmakologiya i primenenie preparatov zheleza v veterinarii i zhivotnovodstve. Avtoref. dis. ... d. v.n., Krasnodar, 2013. 38 s.
 19. Chernov V.M., Tarasova I.S. Effektivnost' i bezopasnost' preparatov trekhvalentnogo zheleza v lechenii zhelezodeficitnoj anemii // Lechashchij vrach. 2013. № 8. С. 40–44.
 20. Benoist B, McLean E, Egli I. Worldwide Prevalence of Anaemia 1993–2005 Geneva: World Health Organization; 2008.
 21. The global prevalence of anaemia in 2011 World Health Organization, 2015.

REFERENCES

1. Gasanov A.C. Ispol'zovanie suksinata zheleza v kormlenii porosyat // Zootekhnika. 2005. № 4. С. 15–16.
2. Del'cov A.A., Sodboev C.C., Antipov A.A. i dr. Oksidativnye reakcii syvorotki krovi porosyat pri vvedenii zhelezodekstranovyh preparatov // Veterinariya. 2011. № 5. С. 15–17.
3. Dorozhkin V.I. Farmakologicheskie i toksikologicheskie svoystva biokoordinatsionnyh soedinenij. Avtoref. dis. d-ra biol. nauk. Voronezh, 1998. 45 s.
4. Evglevskij A.A., Ryzhkova G.F. Narusheniya aerobnogo puti sinteza energii: problemy, posledstviya, vozmozhnye podhody

Поступила в редакцию 04.02.2024

Принята к публикации 18.02.2024

ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОКА КОРОВ ПРИ СТОЙЛОВОЙ И ПАСТБИЩНОЙ СИСТЕМАХ СОДЕРЖАНИЯ*

Наталья Ивановна Мосолова^{1,2}, доктор биологических наук
Марина Ивановна Сложенкина^{1,2}, член-корреспондент РАН
Иван Федорович Горлов^{1,2}, академик РАН
Ольга Владимировна Кудряшова¹, кандидат биологических наук
Наталья Андреевна Ткаченко¹, аспирант, научный сотрудник
Александра Алексеевна Сложенкина¹, аспирант

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия
E-mail: niimmp@mail.ru

Аннотация. В статье дана информация о преимуществах пастбищного содержания животных для получения высококачественной молочной продукции, по сравнению со стойловым. Кратко описаны особенности обеих систем. Пастбищную чаще всего применяют в регионах с приемлемым климатом; стойловую — в местах с развитым земледелием и при ограниченной возможности выгула скота на естественных пастбищах. Приводятся результаты исследований количественных и качественных показателей, а также пищевой ценности молока, полученного от коров голштинской породы, содержащихся при пастбищной и стойловой системах в двух хозяйствах Волгоградской области. Представлена краткая технология выработки образцов кисломолочного продукта — кефира с лактулозой. Кефир получали по традиционной технологии, с использованием закваски на кефирных грибка. В качестве обогащающего компонента выбрали пребиотический углевод — лактулозу, обладающий подтвержденным профилактическим эффектом. В образцах готового продукта изучены органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, а также аминокислотный состав. Результаты исследований свидетельствуют о высоких показателях пищевой и биологической ценности молока-сырья и выработанных из него кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: пастбищное и стойловое содержание КРС, коровье молоко, молочная продуктивность, молокопроизводство Волгоградской области, аминокислотный состав, кефир, лактулоза

INDICATORS OF COW'S MILK IN THE HOUSING AND GRAZING KEEPING SYSTEMS

N.I. Mosolova^{1,2}, *Grand PhD in Biological Sciences*
M.I. Slozhenkina^{1,2}, *Corresponding Member of the RAS*
I.F. Gorlov^{1,2}, *Academician of the RAS*
O.V. Kudryashova¹, *PhD in Biological Sciences*
N.A. Tkachenkova¹, *PhD Student, Researcher*
A.A. Slozhenkina¹, *PhD Student*

¹Volga Region Scientific Research Institute of Meat-and-Milk Production and Processing, Volgograd, Russia

²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
E-mail: niimmp@mail.ru

Abstract. The production of high-quality dairy products is largely influenced by proper provision of optimal conditions for keeping animals. Properly selected conditions for keeping a dairy herd directly affect the strengthening of immunity, productivity and quality of dairy products. The article provides information about pasture and stall conditions for keeping animals with the advantages of pasture keeping in terms of milk productivity and the quality of raw milk. The features of both content systems are briefly summarized. Pasture is most often used in regions with an acceptable climate; stall — mainly in regions with developed agriculture and with limited opportunities for walking livestock on natural pastures. The results of studies of quantitative and qualitative indicators, as well as the nutritional value of milk obtained from Holstein cows kept under pasture and stall systems in two farms in the Volgograd region are presented. From the resulting raw milk, a brief technology for producing samples of a fermented milk product — kefir with lactulose — is shown. Kefir was produced using traditional technology, using a starter culture of kefir grains. The prebiotic carbohydrate lactulose, which has a proven preventive effect, was chosen as an enriching component. Organoleptic, physico-chemical, microbiological parameters, as well as amino acid composition, were studied in samples of the finished product. The results obtained indicate high levels of nutritional and biological value of raw milk and fermented milk products made from it.

Keywords: pasture and stable content of cattle, cow's milk, milk productivity, milk production in the Volgograd region, amino acid composition, kefir, lactulose

* Научные исследования проведены в рамках гранта РФФИ № 22-16-00041, ГНУ НИИММП / Scientific research was carried out within the framework of the RNF grant No. 22-16-00041, GNU NIIMMP.

Важное условие для наращивания объемов производства молока в теплый период года (май-сентябрь) — оптимальная система содержания дойного поголовья. Пастбища представляют собой лучшую среду для выпаса скота. Они отличаются разнообразием видов растений, содержащих необходимые питательные вещества для высокой продуктивности и хорошего состояния здоровья животных.

При организации стойлового содержания коров предусматривается, что они пребывают в помещении, постоянно питаются готовым кормом и свежей травой, которые раздают кормораздатчиком на выгульно-кормовых площадках. [1, 5]

Стойловая и пастбищная системы содержания дойного стада распространены в хозяйствах Волгоградской области.

Пастбищная система, чаще всего используемая в районах с наличием богатых естественных и возделываемых кормовых ресурсов, имеет преимущества, основное из которых — повышение молочной продуктивности животных и качества получаемого молока, а также снижение его себестоимости. Это связано с высокой питательностью пастбищных кормов. [3, 7, 8] Они содержат все необходимые вещества в оптимальных соотношениях, богаты легкодоступным белком, аминокислотами, жирными кислотами, сахарами, витаминами и минеральными веществами, что способствует росту уровня естественной резистентности организма животных, улучшает состав и технологические свойства молока. [3, 7–9]

Стойловую систему применяют в районах, где развито земледелие и ограничена возможность выпаса скота на естественных пастбищах. При стойловом со-

Таблица 1.
Продуктивность и показатели молока в летний период

Показатель	Племенной завод имени Калинина	ОС «Орошаемая»
Среднесуточный удой, кг	20,8	19,4
Массовая доля жира, %	3,63	3,50
Массовая доля белка, %	3,15	3,13
Молочный жир, кг	0,73	0,70
Молочный белок, кг	0,66	0,61
Сухие вещества, %	12,05	12,16
Кислотность, °Т	17,0	17,0
Плотность, кг/м³	1029,07	1029,27

держании органолептические и физико-химические показатели молока практически постоянны, так как в кормлении животных используют сбалансированные по составу корма. [9]

Несмотря на то, что крупные молокоперерабатывающие предприятия предпочитают работать с сырьем, имеющим стабильные показатели вне зависимости от времени года, преимуществом в переработке обладает молоко, полученное при пастбищном содержании животных из-за высокой пищевой ценности. Это позволяет использовать его более дифференцировано с учетом повышенного содержания жира и белка. [4, 10]

Качество молока — один из основных критериев его использования при производстве кисломолочных продуктов, занимающих важное место в питании человека. Они относятся к базовым составляющим рациона, представляя собой источник легкоусвояемого белка, углеводов, жиров, минеральных веществ, витаминов

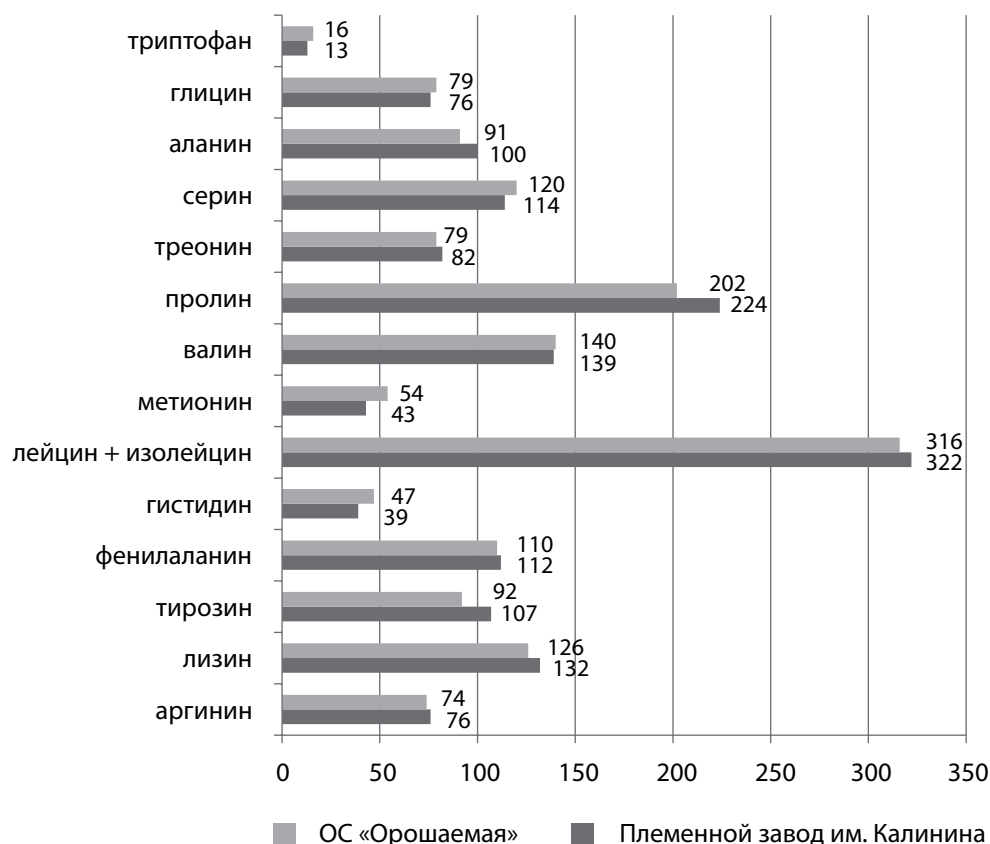


Рис. 1. Средние значения аминокислотного состава в молоке, мг %.

Таблица 2.

Показатели готового продукта

Показатель	Характеристика продукта на основе молока	
	Племенной завод имени Калинина	ОС «Орошаемая»
Вкус и запах	чистый кисло-молочный, без посторонних привкусов и запахов	
Цвет	молочно-кремовый, равномерный по всей массе	
Консистенция и внешний вид	однородная, с ненарушенным сгустком	
Массовая доля жира, %	3,5	3,6
Массовая доля белка, %	3,1	3,1
Кислотность, °Т	130	135
Количество молочнокислых микроорганизмов, КОЕ в 1 г продукта	1*10 ⁷	1*10 ⁷

и микроэлементов, которые положительно воздействуют на функционирование кишечника и его микробиотический состав. При создании кисломолочных продуктов особое внимание уделяют заквасочным культурам, содержащим различные виды микроорганизмов. [2, 6] Включение пребиотиков не требует каких-либо специальных технологических режимов. [11] Лактулоза, получаемая структурной изомеризацией молочного сахара, имеет самый высокий пребиотический индекс.

Цель работы — изучение состава молока, полученного от коров *голландской* породы при пастбищной и стойловой системах содержания, в хозяйствах Волгоградской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований — дойное стадо и молоко коров, находящихся на пастбищном содержании в племенном заводе имени Калинина (Новоаннинский район, Волгоградская область) и стойловом в племенном хозяйстве ОС «Орошаемая» — филиал ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова (г. Волгоград). Молоко отбирали с мая по сентябрь и изучали в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП. Массовую долю жира определяли с использованием молочных жирометров (ГОСТ 5867-9), белка (ГОСТ 25179-2014) — на комплексе «Кельтран» (Сибгагроприбор, Россия), титруемую кислотность — титриметрическим методом (ГОСТ Р 54669-2011), плотность — с помощью стеклянного молочного ареометра типа АМТ (ГОСТ Р 52054-2003), аминокислотный состав — согласно методике М 04-74-2012 на оборудовании Капель-105М (Люмекс, Россия) с применением кислотного и щелочного гидролиза. Кисломолочные продукты оценивали по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и аминокислотному составу.

Из молока, сквашенного закваской, приготовленной на кефирных грибах, получили кисломолочный продукт — кефир с лактулозой. В образцах определяли показатели пищевой ценности: жир — по ГОСТ 5867-90, белок — ГОСТ 34454-2018 (метод Кьельдаля), сухие ве-

щества — ГОСТ 3626-73 и аминокислотный состав — по методике М 04-94-2021.

Полученные данные обрабатывали с использованием программных средств и статистических методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Молоко имеет высокие показатели пищевой ценности и соответствует требованиям для переработки на пищевые продукты (табл. 1).

Среднесуточный удой в летний период в племенном заводе имени Калинина выше, чем в ОС «Орошаемая» на 6,73%, молочного жира получено больше на 0,13%, белка — 0,02%.

Важный показатель качества молока — аминокислотный состав, влияющий на обмен веществ и функционирование организма (рис. 1).

Тирозина, пролина, лейцина, аланина было больше в молоке коров на племенном заводе имени Калинина, гистидина, серина, метионина — ОС «Орошаемая».

Для обогащения состава в кефир добавили лактулозу. При изучении ранее проведенных исследований

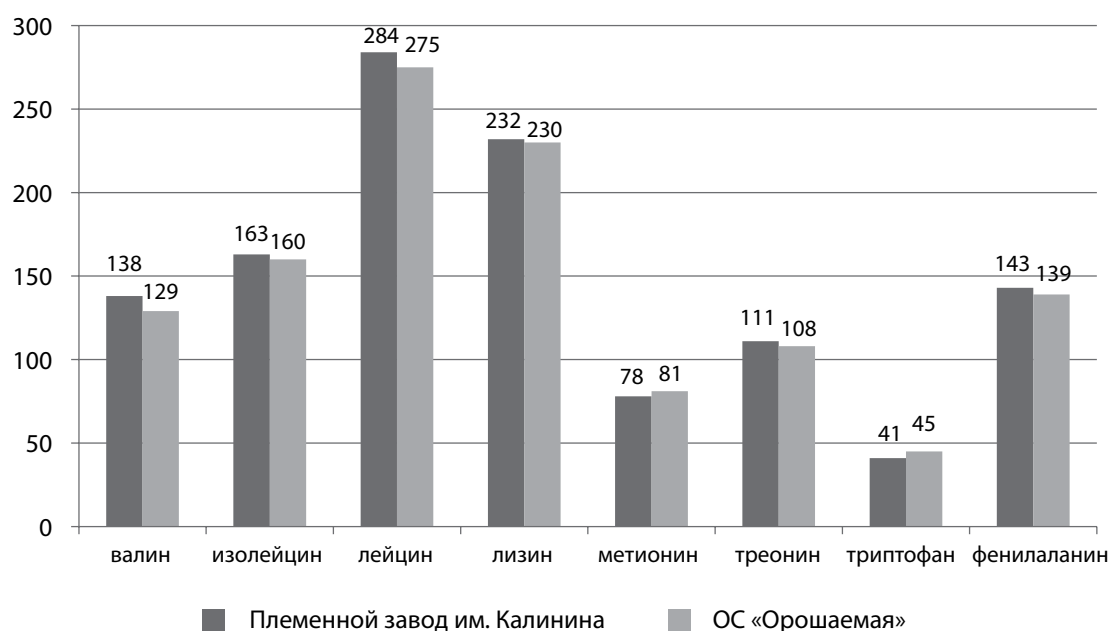


Рис. 2. Содержание незаменимых аминокислот в готовом продукте, мг%.

выявлены положительные результаты использования лактулозы в производстве кисломолочных продуктов: образование густой, плотной консистенции, увеличение сроков годности; повышение выживаемости микроорганизмов закваски на 11...14%; уменьшение времени сквашивания на 1...2 ч; улучшение органолептических показателей (полнота вкуса, кремовый цвет). [7, 12]

Кефир вырабатывали с использованием основных технологических этапов, обеспечивающих получение стандартного по составу и показателям безопасности продукта: очистка молока, внесение пребиотика (сироп лактулозы), пастеризация (85°C), охлаждение до температуры заквашивания (25°C), добавление закваски, сквашивание (8 ч), охлаждение до температуры созревания (12°C), созревание, охлаждение и розлив.

Продукты имели высокие органолептические показатели, характеризовались приятным кисломолочным вкусом, умеренной сладостью, кремовым цветом, однородной плотной консистенцией (табл. 2).

Аминокислотный состав выработанных образцов кефира с лактулозой представлен на рисунке 2.

Выводы. Удой и качество молока были выше у коров, находящихся на пастбищном содержании, по сравнению со стойловым. Это объясняется наличием в рационе разнообразия зеленых кормов. Данные исследования химического состава кефира, выработанного из молока таких коров, свидетельствуют о более высоком содержании незаменимых аминокислот (лизин, треонин, фенилаланин) в готовом продукте, в котором интенсивнее протекали процессы их образования из-за использования заквасочной культуры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аминова А.Л., Юмагузин И.Ф. Эффективность применения биорегуляторов в зависимости от системы и способа содержания коров // Аграрная наука. 2022. № 3. С. 9–13.
2. Буянова И.В., Матюшев В.В., Куулар Ч.Г. Технологические особенности биокефира с пребиотическими веществами // Вестник КРАСГАУ. 2022. № 3 (180). С. 148–153.
3. Ганущенко О., Зенькова Н. Перевод коров на пастбище // Животноводство России. 2022. Апрель. С. 35–38.
4. Ганущенко О.Ф. Правильный переход скота на стойловое содержание — важный элемент управления стадом // Наше сельское хозяйство. 2023. № 18 (314). С. 22–27.
5. Жашуев Ж.Х. Влияние фитоценоза разных горных пастбищ на молочную продуктивность, качество и технологические свойства молока // Инновации и продовольственная безопасность. 2018. № 3 (21). С. 121–126.
6. Каночкина М.С., Иванова Л.А., Коновалова А.Д. и др. Особенности подбора заквасочных культур в производстве функциональных кисломолочных продуктов // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2023. Т. 26. № 4. С. 511–528.
7. Мешерских И.А., Лопалева Н.Л. Системы содержания крупного рогатого скота // Молодежь и наука. 2023. № 1. С. 36.
8. Приступа В.Н., Кротова О.Е., Казарян В.А. и др. Сравнительная эффективность стойлово-пастбищной и про-

мышленной технологий содержания скота // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 4 (52). С. 29–35.

9. Приступа В.Н., Кротова О.Е., Лодянов В.В. и др. Эффективность стойлово-пастбищной технологии содержания черно-пестрого и красного степного скота и ее влияние на продуктивность // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023. Т. 15. № 1. С. 83–89.
10. Krasnova I.S., Ganina V.I., Semenov G.V. Fruit and vegetable purees as cryoprotectants for vacuum freeze-dried fermented milk products // Foods and Raw Materials. 2023. Т. 11. № 2. С. 300–308.
11. Krasnopyorova E., Kanibolotskaya Y., Nazarenko T. Development of technology for a new cottage cheese product with fruit and berry fillers // Вестник Инновационного Евразийского университета. 2022. № 1 (85). С. 158–163.

REFERENCES

1. Aminova A.L., Yumaguzin I.F. Effektivnost' primeneniya bioregulyatorov v zavisimosti ot sistemy i sposoba soderzhaniya korov // Agrarnaya nauka. 2022. № 3. S. 9–13.
2. Buyanova I.V., Matyushev V.V., Kuular Ch.G. Tekhnologicheskie osobennosti biokefira s prebioticheskimi veshchestvami // Vestnik KRASGAU. 2022. № 3 (180). S. 148–153.
3. Ganushchenko O., Zen'kova N. Perevod korov na pastbishche // Zhivotnovodstvo Rossii. 2022. April'. S. 35–38.
4. Ganushchenko O.F. Pravil'nyj perekhod skota na stojlovoe soderzhanie — vazhnyj element upravleniya stadom // Nashe sel'skoe hozyajstvo. 2023. № 18 (314). S. 22–27.
5. Zhashuev Zh.H. Vliyanie fitocenoza raznyh gornyh pastbishch na molochnuyu produktivnost', kachestvo i tekhnologicheskie svoystva moloka // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'. 2018. № 3 (21). S. 121–126.
6. Kanochkina M.S., Ivanova L.A., Konovalova A.D. i dr. Osobennosti podbora zakvasochnyh kul'tur v proizvodstve funkcional'nyh kislomolochnyh produktov // Vestnik MG TU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2023. T. 26. № 4. S. 511–528.
7. Meshcherskih I.A., Lopaeva N.L. Sistemy soderzhaniya krupnogo rogatogo skota // Molodezh' i nauka. 2023. № 1. S. 36.
8. Pristupa V.N., Krotova O.E., Kazaryan V.A. i dr. Sravnitel'naya effektivnost' stojlovo-pastbishchnoj i promyshlennoj tekhnologii soderzhaniya skota // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2023. № 4 (52). S. 29–35.
9. Pristupa V.N., Krotova O.E., Lodyanov V.V. i dr. Effektivnost' stojlovo-pastbishchnoj tekhnologii soderzhaniya chernopestrogogo i krasnogo stepnogo skota i ee vliyanie na produktivnost' // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2023. T. 15. № 1. S. 83–89.
10. Krasnova I.S., Ganina V.I., Semenov G.V. Fruit and vegetable purees as cryoprotectants for vacuum freeze-dried fermented milk products // Foods and Raw Materials. 2023. T. 11. № 2. S. 300–308.
11. Krasnopyorova E., Kanibolotskaya Y., Nazarenko T. Development of technology for a new cottage cheese product with fruit and berry fillers // Vestnik Innovacionnogo Evrazijskogo universiteta. 2022. № 1 (85). S. 158–163.

Поступила в редакцию 22.03.2024

Принята к публикации 05.04.2024

ВЛИЯНИЕ КРИОКОНСЕРВАЦИИ И МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ СПЕРМАТОЗОИДОВ БЫКОВ

Марина Николаевна Ивашенко^{1,2}, кандидат биологических наук
 Анна Вячеславовна Дерюгина¹, доктор биологических наук
 Михаил Иванович Латушко³, кандидат технических наук
 Андрей Александрович Белов^{1,2}, кандидат биологических наук
 Павел Сергеевич Игнатьев³, кандидат физико-математических наук
 Роман Сергеевич Ковылин⁴, кандидат химических наук
 Алексей Иванович Ерзутов², аспирант

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

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», г. Нижний Новгород, Россия

³Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод имени Э.С. Яламова», г. Екатеринбург, Россия

⁴ФГБУН «Институт металлоорганической химии имени Г.А. Разуваева РАН», г. Нижний Новгород, Россия

E-mail: kafedra2577@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния молекулярного водорода на ультраструктуры сперматозоидов крупного рогатого скота при криоконсервации. Объект изучения — спермопродукция черно-пестрых голштинизированных быков. Сперму разбавляли стерильной средой BioXcell (Франция). Для изучения действия молекулярного водорода на сперматозоиды использовали BioXcell, разведенную водородной водой. Исследовали нативную сперму, разбавленную BioXcell, сперму после глубокой заморозки, а также сперму после глубокой заморозки, предварительно обработанную молекулярным водородом. После криоконсервации количество клеток с аномалией структуры головки увеличено, хроматин недостаточно конденсированный, повышено содержание сперматозоидов с измененным положением акросомы, изменена ультраструктура аксонемы, отмечена нерегулярная укладка митохондрий. Использование молекулярного водорода в качестве криопротектора способствовало росту числа сперматозоидов с интактными головками, имеющими нормальные акросомы, форму и хроматин ядра. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии молекулярного водорода на морфологические показатели сперматозоидов крупного рогатого скота.

Ключевые слова: быки, молекулярный водород, сперматозоиды, криоконсервация, ультраструктура

THE EFFECTS OF CRYOPRESERVATION AND MOLECULAR HYDROGEN ON THE ULTRASTRUCTURE OF BULL SPERMATOZOA

M.N. Ivashchenko^{1,2}, PhD in Biological Sciences
 A.V. Deryugina¹, Grand PhD in Biological Sciences
 M.I. Latushko³, PhD in Engineering Sciences
 A.A. Belov^{1,2}, PhD in Biological Sciences
 P.S. Ignatiev³, PhD in Physical and Mathematical Sciences
 R.S. Kovylin⁴, PhD in Chemical Sciences
 A.I. Erzutov², PhD Student

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

²Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

³Production Association «Ural Optical and Mechanical Plant named after E.S. Yalamov», Yekaterinburg, Russia

⁴Razuvaev G.A. Institute of Organometallic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: kafedra2577@mail.ru

Abstract. The effect of molecular hydrogen during cryopreservation on the ultrastructures of bovine sperm cells has been studied. The study was performed on the sperm production of black-and-white Holstein bulls. The sperm was diluted with a sterile BioXcell medium (France). To study the effect of molecular hydrogen on the sperm cells of bulls, «BioXcell» diluted with hydrogen water was used. Native sperm diluted with the «BioXcell» diluent, sperm after deep freezing and sperm after deep freezing, pretreated with molecular hydrogen, were studied. The study of morphological parameters of spermatozoa after cryopreservation showed an increase in cells with an anomaly in the structure of the head, chromatin is insufficiently condensed, the content of spermatozoa with an altered position of the acrosome is increased, the ultrastructure of the axoneme is changed, irregular laying of mitochondria is noted. The use of molecular hydrogen as a cryoprotector contributed to an increase in the number of spermatozoa with intact heads having normal acrosomes, shape and chromatin of the nucleus. The results obtained indicate a positive effect of molecular hydrogen on morphological parameters of bovine sperm cells.

Keywords: bulls, molecular hydrogen, spermatozoa, cryopreservation, ultrastructure

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00205 / The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-26-00205.

Интенсивное использование высокоценных быков-производителей в молочном скотоводстве — важное условие улучшения продуктивности. [4]

Основной метод для сохранения генетического разнообразия и технологии повышения репродуктивного статуса — метод криоконсервации спермы, позволяющий создавать банки спермы, в течение долгого времени сохранять генетический материал для селекции и транспортировать его на большие расстояния. [1]

Главная проблема при криоконсервации спермы — ее качество после оттаивания. В процессе замораживания-оттаивания примерно 50% сперматозоидов погибает. [11]

Глубокое замораживание отрицательно влияет на структуру мембран сперматозоидов, нарушается метаболизм, осмотический баланс клеток, активируются свободнорадикальные процессы. Избыточная выработка активных форм кислорода изменяет физико-химические свойства сперматозоидов, повреждает их ДНК, что приводит к снижению фертильности. Эндогенных антиоксидантов, присутствующих в сперматозоидах крупного рогатого скота, недостаточно для обеспечения целостности клеток после окислительного стресса при криоконсервации. Для повышения жизнеспособности сперматозоидов после размораживания необходимы добавки антиоксидантов. [14]

Молекулярный водород — антиоксидант с широким спектром действия. Он избирательно нейтрализует агрессивные высокотоксичные OH и ONOO^- и не нарушает функционирование сигнальных активных форм кислорода. Это выделяет молекулярный водород из общего количества антиоксидантов, которые не обладают таким действием в отношении свободных радикалов. Таким образом, молекулярный водород может уменьшать окислительный стресс и корректировать окислительно-восстановительный статус клеток. [5, 6, 12]

Обычно сперму изучают с помощью световой микроскопии, что не позволяет выявить значительную часть ультраструктурных повреждений в сперматозоидах. Наиболее точный метод ультраструктурного анализа для оценки функционального состояния сперматозоидов — метод электронной микроскопии. [10, 13]

Совершенствование протоколов криоконсервации спермы помогло бы преодолеть множество проблем, связанных со снижением качества размороженной спермы. [2]

Цель работы — оценка влияния молекулярного водорода на функциональный статус сперматозоидов быков после криоконсервации с помощью электронной микроскопии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили *in vitro* в лаборатории ООО «Нижегородское» по племенной работе, Кстовского муниципального района Нижегородской области.

Объект изучения — спермопродукция *черно-пестрых голштинизированных* быков. Были взяты эякуляты трехлетних быков. Использовали свежеполученное семя с подвижностью сперматозоидов более 7 баллов и минимальным количеством аномальных форм клеток. [3]

Сперму разбавляли стерильной средой BioXcell (Франция). Влияние молекулярного водорода на сперматозоиды изучали путем разведения стерильной среды BioXcell водородной водой. Затем проводили итоговое

разбавление, фасовку и эквilibрацию (экспозиция при 4°C в течение 3...4 ч). Замораживали в открытых гранулах. Доза одной открытой гранулы соответствует ГОСТ 26030-2015 и равна 0,2 мл. Сперматозоиды замораживали в течение 7,5 мин. до минус 145°C, затем контейнер с образцами помещали в жидкий азот (минус 196°C).

Эякулят фиксировали раствором глутарового альдегида (2,5%) и осмиевой кислотой (1%), заливали в эпоксидную смолу. Ультратонкие срезы получали на ультрамикротоме Reichert III и просматривали в микроскопе Hitachi SU8220 (Япония).

При электронно-микроскопическом исследовании сперматозоидов анализировали процентное содержание интактных головок, форму ядра, состояние хроматина, положение акросомы, морфологию аксонемы жгутика, ультраструктуру митохондрий.

Для насыщения воды молекулярным водородом использовали герметический бокс, в котором давление водорода повышали до 4 атм. в течение нескольких часов. Затем пакет выдерживали при атмосферном давлении в замкнутом объеме для того, чтобы избежать выделения водорода в виде микропузырьков и его обратной диффузии через стенки пакета. Концентрация молекулярного водорода в растворе находилась в пределах 1,2...1,5 мг/л.

Исследовали нативную сперму, разбавленную BioXcell (группа I), сперму после глубокой заморозки (II), а также сперму после глубокой заморозки, предварительно обработанную молекулярным водородом (III).

Полученные данные анализировали с помощью программы Microsoft Excel. Обработку результатов проводили по параметрическому t-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Электронно-микроскопическое исследование нативных сперматозоидов показало, что клетки имели гладкую овальную конфигурацию с выраженной акросомой, занимающей 2/3 передней поверхности головки (см. таблицу). Содержимое акросомы — компактное. Отмечено отсутствие цитоплазматических капелек, дефектов шейки, хвоста. Митохондрии сферической или нитевидной формы. Хроматин представлял собой гомогенную гиалиноподобную массу.

После криоконсервации наблюдали рост числа клеток с аномалией структуры головки, увеличение количества сперматозоидов с цитоплазматическими капельками. Хроматин был недостаточно конденсированный, содержал фибриллы. Известно, что незрелый хроматин менее устойчив к денатурации. [9] Было повышено содержание сперматозоидов с измененным положением акросомы, у 8,43% клеток отмечена деградация акросомы, в результате преждевременно произошедшей акросомной реакции, у 18,64% сперматозоидов изменена ее форма. Эти изменения ассоциированы с нарушением подвижности. Для осуществления пенетрации сперматозоидом оболочек ооцита необходима интактная акросома, поэтому сведения об ультраструктуре головки и акросомы, а также способы коррекции возникших нарушений, играют важную роль в прогнозировании успешного оплодотворения. [8] Показано, что преждевременная акросомная реакция

Влияние криоконсервации и молекулярного водорода на ультраструктуру сперматозоидов быков

Морфологический признак	Нативные сперматозоиды (группа I)	Сперматозоиды после криоконсервации (группа II)	Сперматозоиды после воздействия молекулярным водородом и криоконсервации (группа III)
Интактная головка	78,85 ± 4,67	58,57 ± 6,18 *	69,85 ± 5,61 ^Δ
Нормальная форма ядра	95,57 ± 2,29	94,85 ± 2,67	94,57 ± 2,63
Нормальное состояние хроматина	94,74 ± 4,06	85,21 ± 4,39 *	90,53 ± 4,27
Нормальная форма митохондрий	95,63 ± 3,17	76,43 ± 4,23 *	84,53 ± 3,43* ^Δ
Нормальное строение аксонемы	85,36 ± 5,24	73,42 ± 4,31 *	80,22 ± 5,65
Присутствие акросомы	99,57 ± 4,53	89,57 ± 5,13 *	94,23 ± 4,48
Нормальное положение акросомы	97,32 ± 3,41	91,24 ± 2,39 *	94,54 ± 3,25
Нормальная форма акросомы	90,24 ± 2,24	81,36 ± 2,19 *	86,44 ± 3,12
Компактное содержимое акросомы	85,33 ± 3,37	74,32 ± 3,37	75,44 ± 3,23

Примечание. среднее ± SEM, * — статистически значимые различия по отношению к группе I, $p \leq 0,05$; ^Δ — статистически значимые различия между группами после криоконсервации (группа II и III), $p \leq 0,05$.

сперматозоида происходит при повышенном содержании в клетках активных форм кислорода. [7]

Жгутик обеспечивает подвижность сперматозоидов, морфологическая основа активности жгутиков — аксонема. Митохондрии расположены по спирали вокруг аксонемы и передают сперматозоидам энергию. При анализе структуры жгутиков после криоконсервации отмечено, что морфологические изменения затрагивают ультраструктуру аксонемы (нерегулярная укладка митохондрий). Воздействие криоконсервации на ядро сперматозоидов было минимальным.

Добавление молекулярного водорода в среду для разбавления спермы и последующая заморозка не оказали значительного влияния на морфологию клеток после оттаивания. Использование молекулярного водорода в качестве криопротектора способствовало увеличению количества сперматозоидов с интактными головками, имеющими нормальные акросомы, форму и хроматин ядра.

Положительное влияние молекулярного водорода на морфологические признаки сперматозоидов возможно обусловлено его антиоксидантным действием. [8, 10, 11] Известно, что в процессе криоконсервации в сперматозоидах происходит накопление активных форм кислорода, что приводит к повреждению ДНК, белков, липидов, изменению морфологии клетки. [4, 5] Сперматозоиды особенно восприимчивы к повреждению, вызванному окислительным стрессом, поскольку их плазматические мембраны содержат большое количество полиненасыщенных жирных кислот, а цитоплазма — низкие концентрации антиоксидантов. [15]

Таким образом, молекулярный водород можно использовать при криоконсервации спермы, чтобы избежать или минимизировать повреждения сперматозоидов и сохранить целостность спермы. Необходимы дальнейшие исследования в этой области.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Атрошенко М.М., Калашников В.В., Брагина Е.Е., Зайцев А.М. Сравнительное изучение ультраструктуры сперматозоидов в эпидидимальной, эякулированной и криоконсервированной сперме жеребцов // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 2. С. 274—281. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.2.274rus
- Дерюгина А.В., Иващенко М.Н., Лодяной М.С. Оценка резистентности мембран сперматозоидов быков в про-

- цессе долгосрочного хранения // Естественные и технические науки. 2022. Т. 1 (164). С. 107—109.
- Национальная технология замораживания и использования спермы племенных быков-производителей / под ред. А.И. Абилова, Н.М. Решетниковой. М.: 2008. 160 с.
 - Никиткина Е.В., Шапиев И.Ш. Использование спермы быков с низкой концентрацией и активностью сперматозоидов для криоконсервации // Достижения науки и техники АПК 2010. № 7. С. 49—51.
 - Рахманин Ю.А., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. Молекулярный водород: биологическое действие, возможности применения в здравоохранении (обзор) // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 4. С. 359—365.
 - Artamonov M.Y., Martusevich A.K., Pyatakovich F.A. et al. Molecular Hydrogen: From Molecular Effects to Stem Cells Management and Tissue Regeneration // Antioxidants. 2023. Vol. 12. № 3. P. 636. <https://doi.org/10.3390/antiox12030636>.
 - Coetzee K., Ozgur K., Berkkanoglu M. et al. Reliable single sperm cryopreservation in Cell Sleepers for azoospermia management // Andrologia. 2016. № 48. P. 203—210. DOI: 10.1111/and.12434.
 - Endo Y., Fujii Y., Shintani K. et al. Simple vitrification for small numbers of human spermatozoa // Reprod Biomed Online. 2012. № 24. P. 301—307. DOI: 10.1016/j.rbmo.2011.11.016.
 - Evenson D., Darzynkiewicz Z., Melamed M. Relation of mammalian sperm heterogeneity to fertility // Science. 1980. № 210. P. 1131—1133.
 - Moretti E., Sutura G., Collodel G. The importance of transmission electron microscopy analysis of spermatozoa: Diagnostic applications and basic research // Syst Biol Reprod Med. 2016. № 62. P. 171—83. DOI: 10.3109/19396368.2016.1155242.
 - Nijs M., Creemers E., Cox A. et al. Influence of freeze-thawing on hyaluronic acid binding of human spermatozoa // Reprod Biomed Online. 2009. № 19. P. 202—206. DOI: 10.1016/S1472-6483(10)60073-9.
 - Ohta S. Molecular hydrogen as a novel antioxidant: Overview of the advantages of hydrogen for medical applications // Methods in Enzymology. 2015. Vol. 555. P. 289—317.
 - Ozkavukcu S., Erdemli E., Isik A. et al. Effects of cryopreservation on sperm parameters and ultrastructural morphology of human spermatozoa // J Assist Reprod Genet. 2008. Vol. 25. P. 403—411. DOI: 10.1007/s10815-008-9232-3.
 - Said T.M., Gaglani A., Agarwal A. Implication of apoptosis in sperm cryoinjury // Reprod Biomed Online. 2010. Vol. 21. P. 456—462. DOI: 10.1016/j.rbmo.2010.05.011.

15. Saleh R., Agarwal A. Oxidative stress and male infertility: from research bench to clinical practice // J Androl. 2002. Vol. 23. P. 737–752.

REFERENCES

1. Atroshchenko M.M., Kalashnikov V.V., Bragina E.E., Zajcev A.M. Sravnitel'noe izuchenie ul'trastruktury spermatozoidov v epididimal'noj, eyakulirovannoj i kriokonservirovannoj sperme zhirebcov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2017. T. 52, № 2. S. 274–281. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.2.274rus
2. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Lodyanov M.S. Ocenka rezistentnosti membran spermatozoidov bykov v processe dolgo-rochnogo hraneniya // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2022. T. 1 (164). S. 107–109.
3. Nacional'naya tekhnologiya zamorazhivaniya i ispol'zovaniya spermy plemennyh bykov-proizvoditelej / pod red. A.I. Abilova, N.M. Reshetnikovoj. M.: 2008. 160 s.
4. Nikitkina E.V., Shapiey I.Sh. Ispol'zovanie spermy bykov s nizkoj koncentraciej i aktivnost'yu spermatozoidov dlya kriokonservacii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK 2010. № 7. S. 49–51.
5. Rahmanin Yu.A., Egorova N.A., Mihajlova R.I. Molekulyarnyj vodorod: biologicheskoe dejstvie, vozmozhnosti primeneniya v zdavoohranenii (obzor) // Gigiena i sanitariya. 2019. T. 98. № 4. S. 359–365.
6. Artamonov M.Y., Martusevich A.K., Pyatakovich F.A. et al. Molecular Hydrogen: From Molecular Effects to Stem Cells Management and Tissue Regeneration // Antioxidants. 2023. Vol. 12. № 3. P. 636. <https://doi.org/10.3390/antiox12030636>.
7. Coetzee K., Ozgur K., Berkkanoglu M. et al. Reliable single sperm cryopreservation in Cell Sleepers for azoospermia management // Andrologia. 2016. № 48. P. 203–210. DOI: 10.1111/and.12434.
8. Endo Y., Fujii Y., Shintani K. et al. Simple vitrification for small numbers of human spermatozoa // Reprod Biomed Online. 2012. № 24. P. 301–307. DOI: 10.1016/j.rbmo.2011.11.016.
9. Evenson D., Darzynkiewicz Z., Melamed M. Relation of mammalian sperm heterogeneity to fertility // Science. 1980. № 210. P. 1131–1133.
10. Moretti E., Sutura G., Collodel G. The importance of transmission electron microscopy analysis of spermatozoa: Diagnostic applications and basic research // Syst Biol Reprod Med. 2016. № 62. P. 171–83. DOI: 10.3109/19396368.2016.1155242.
11. Nijs M., Creemers E., Cox A. et al. Influence of freeze-thawing on hyaluronic acid binding of human spermatozoa // Reprod Biomed Online. 2009. № 19. P. 202–206. doi: 10.1016/S1472-6483(10)60073-9.
12. Ohta S. Molecular hydrogen as a novel antioxidant: Overview of the advantages of hydrogen for medical applications // Methods in Enzymology. 2015. Vol. 555. P. 289–317.
13. Ozkavukcu S., Erdemli E., Isik A. et al. Effects of cryopreservation on sperm parameters and ultrastructural morphology of human spermatozoa // J Assist Reprod Genet. 2008. Vol. 25. P. 403–411. doi: 10.1007/s10815-008-9232-3.
14. Said T.M., Gaglani A., Agarwal A. Implication of apoptosis in sperm cryoinjury // Reprod Biomed Online. 2010. Vol. 21. P. 456–462. doi: 10.1016/j.rbmo.2010.05.011.
15. Saleh R., Agarwal A. Oxidative stress and male infertility: from research bench to clinical practice // J Androl. 2002. Vol. 23. P. 737–752.

*Поступила в редакцию 07.12.2023
Принята к публикации 21.12.2023*

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ БУРОЙ ШВИЦКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ*

Михаил Елисеевич Гонтов, кандидат сельскохозяйственных наук
Дмитрий Николаевич Кольцов, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия
E-mail: gontov@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований генетической структуры стада бурой швицкой породы крупного рогатого скота с использованием маркерных аллелей групп крови и коггерентности отдельных генотипов с молочной продуктивностью коров. Работу проводили с 2017 по 2024 год на базе лаборатории зоотехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК и в племенном репродукторе «Дружба» Смоленской области. Установили, что за этот период на 82,8% возрос уровень гомозиготности и составил 19,5%, прибавка в удое — 2191 кг. В стаде 76,5% наследственности коров контролируют семь маркерных EAB-аллелей из 45 выявленных. Происходит накопление (40%) маркерного EAB-аллеля $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$ — на 20,8% больше, чем в среднем по породе. Определили селекционную ценность отдельных маркерных EAB-аллелей и генотипов. Наиболее высокую молочную продуктивность из 1355 животных показали первотелки с маркерами $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2I'G''_2$ (22-6739-4,31-3,15), $B_1O_3Y_2A'_1E'_3G'P'Q'Y'$ (129-5827-4,19-3,28). У коров, в генотипах которых самый распространенный в стаде аллель $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$ сочетался с другими маркерами, установлены лучшие генотипы по влиянию на селекционируемые признаки, например $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2I'G''_2$, $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2 // B_1G_1KE'_1F'_2O'$. Продуктивность гомозиготных по данному маркеру животных превышала средние показатели выборки, а в генотипах 79% коров-рекордисток породы обнаружено присутствие маркера $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$, из них у 21% в гомозиготном состоянии. По продуктивному долголетию лучшие результаты среди выбывших коров наблюдали у животных с генотипом $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2 // O'$, гомозиготные коровы имели более низкие показатели продуктивного долголетия, по сравнению со средними данными по выборке.

Ключевые слова: бурая швицкая порода, генетический маркер, аллель, молочная продуктивность, долголетие

MILK PRODUCTIVITY OF BROWN SWISS COWS OF DIFFERENT GENOTYPES

M.E. Gontov, PhD in Agricultural Sciences
D.N. Koltsov, PhD in Agricultural Sciences
FSBSI “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”, Tver, Russia
E-mail: gontov@yandex.ru

Abstract. The results of studies of the genetic structure of the Brown Swiss cattle herd using marker alleles of blood groups and the coherence of individual genotypes with the milk productivity of cows are presented. The work was carried out from 2017 to 2024 on the basis of the laboratory of zootechnologies of the Federal State Budgetary Scientific Institution FRC of fiber crops and in the breeding reproductive center “Druzhba” in the Smolensk region. It was found that during this period the level of homozygosity increased by 82.8% and amounted to 19.5%, the increase in milk yield was 2191 kg. In the herd, 76.5% of the heredity of cows is controlled by seven marker EAB alleles out of 45 identified. There is an accumulation (40%) of the marker EAB allele $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$ — 20.8% more than the breed average. The breeding value of individual EAB marker alleles and genotypes was determined. The highest milk productivity out of 1355 animals was shown by first-calf heifers with markers $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2I'G''_2$ (22-6739-4.31-3.15), $B_1O_3Y_2A'_1E'_3G'P'Q'Y'$ (129-5827-4.19-3.28). In cows whose genotypes the most common allele in the herd, $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$, was combined with other markers, the best genotypes in terms of their effect on the selected traits were established, for example, $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2I'G''_2$, $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2 // B_1G_1KE'_1F'_2O'$. The productivity of animals homozygous for this marker exceeded the sample average, and the presence of the marker $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$ was found in the genotypes of 79% of the record-breaking cows of the breed, of which 21% were in the homozygous state. In terms of productive longevity, the best results among retired cows were observed in animals with the genotype $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2 // O'$; homozygous cows had lower rates of productive longevity compared to the average data for the sample.

Keywords: Brown Swiss breed, genetic marker, allele, milk productivity, longevity

Основная задача молочного скотоводства России состоит в наиболее полном обеспечении населения молочными продуктами собственного производства (в 2023 году — 85%). [12] В условиях снижения поголовья крупного рогатого скота увеличить производство молока можно повышением продуктивности дойного стада с помощью селекционно-племенной работы. Для оценки генотипов животных по влиянию на продуктивные признаки в качестве генетических марке-

ров используют группы крови. [2, 3, 7, 8] В настоящее время приняты меры по применению метода, контролирующего достоверность происхождения животных в племенных хозяйствах России, в регионах созданы иммуногенетические лаборатории. Наряду с этим направлением генетические маркеры применяют в скотоводстве для решения других задач. В результате исследований, проведенных на разных породах скота, в определенных популяциях, родственных группах

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№FGSS-2024-0003) / The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal Scientific Center for Bast Crops (No. FGSS-2024-0003).

выявлено наличие тенденций коррелятивных взаимосвязей между отдельными маркерными генами групп крови и селекционируемыми признаками. [1, 4, 5, 9, 11] В то же время есть публикации, в которых отрицается возможность когерентности маркерных аллелей групп крови с продуктивными признаками животных. [6]

При сокращении численности поголовья в стадах и породах, интенсивном завозе импортного семени и животных, имеющих общее происхождение в дальнем родстве, снижается наследственная изменчивость и повышается уровень гомозиготности популяции и отдельных животных. [10] Необходимо оценить влияние изменений, происходящих в структуре генофонда популяции и генотипах животных, на уровень продуктивности.

Цель работы – изучить генофонд стада *бурой швицкой* породы с использованием групп крови в качестве генетических маркеров и определить уровень молочной продуктивности коров, имеющих различия в генотипах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИ-ИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК и племрепродукторе «Дружба» Смоленской области с 2017 по 2024 год исследовали животных *бурой швицкой* породы КРС (n = 1355 гол.). В качестве генетических маркеров использовали ал-

лели ЕАВ-локуса групп крови, которые определяли общепринятыми методами с установлением достоверности записей происхождения каждого животного. В гемолитических тестах по выявлению наследственно обусловленных групп крови применяли 55 реагентов, изготовленных в лаборатории института. Генотипы животных устанавливали семейным анализом. Продуктивные признаки учитывали за 305 дн. первой лактации, используя данные базы Селэкс. Определяли содержание жира и белка в молоке. Продуктивное долголетие рассчитывали по коровам, выбывшим из стада.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бурая швицкая порода КРС в Смоленской области по численности продолжительное время занимала ведущее место. Племенным молодняком хозяйства области обеспечивали многие регионы. Для улучшения продуктивных и технологических качеств брали генофонд *бурой швицкой* породы американской (БША) и джерсейской селекции. Всеобщая по России тенденция к сокращению поголовья скота затронула и *бурую швицкую* породу. В племрепродукторе «Дружба» с помощью организационно-хозяйственных мер дойное стадо полностью сохранили, с применением современных методов селекции и генетики молочная про-

Таблица 1.

Молочная продуктивность первотелок с разными ЕАВ-аллелями

Аллель	n	Возраст первого отела, мес.	Дойные дни	Удой, кг	Жир		Белок		Живая масса
					%	кг	%	кг	
					за 305 дн.				
G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ I ₂ G ₂ '	22	24,6±0,4	347±17	6739±198	4,31±0,05	289,9±7,8	3,15±0,02	212,5±6,1	511±2
B ₁ O ₃ Y ₂ A ₁ E ₁ G ₁ P ₁ Q ₁ Y'	129	28,7±0,6	349±6	5827±113	4,19±0,03	244±4,9	3,28±0,01	190,4±3,6	501±2
O ₂ A ₂ 'Y ₂ K ₁ O'	8	27,1±1,1	381±24	5484±270	4,13±0,08	227,3±13,8	3,37±0,06	185,8±12	499±9
Y ₂ A ₁ '	7	35,4±4,1	398±13	5443±438	3,92±0,05	213,1±16,9	3,3±0,04	179,9±14,9	505±16
B ₁ P ₁ Y ₁ G ₁ Y'	259	27,1±0,2	384±6	5432±69	4,08±0,02	221,4±2,9	3,35±0,01	181,8±2,3	494±2
O ₂ E ₁ G ₂ '	18	26,6±0,8	332±16	5402±281	4,36±0,07	234,3±11,3	3,19±0,02	172,1±8,6	510±3
B ₂ P ₂ T ₂ P ₂ B''	3	25,3±0,3	289±7	5385±312	4,17±0,06	224,9±15,9	3,35±0,07	179,7±6,4	501±6
G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ₂ '	920	26,7±0,1	352±3	5290±41	4,18±0,01	219,9±1,7	3,4±0,01	179,3±1,4	497±1
G ₁ O'	169	27,2±0,3	351±6	5260±93	4,18±0,02	218,8±3,7	3,37±0,01	177,2±3,1	495±3
P ₁ QA ₁ 'E ₁ I'	5	27±1,1	377±21	5204±235	3,99±0,07	206,9±6,7	3,31±0,03	172±6,7	498±8
I ₁ G ₁ G''	4	26,5±0,6	374±6	5186±355	4,07±0,13	210,1±10,4	3,39±0,05	175,5±11,7	479±20
O'	36	29,6±1,3	372±14	5182±208	4,05±0,05	209,7±8,5	3,33±0,02	172,5±7	486±5
B ₁ G ₂ KY ₂ E ₁ F ₁ O ₁ G''	80	27,2±0,3	348±9	5128±148	4,35±0,04	220,5±6	3,4±0,02	173,1±4,6	511±3
I ₁ Q'	18	26,60±0,6	428±48	5119±247	4,07±0,05	208,3±10,1	3,37±0,03	173,1±9	419±4
O ₁	35	28,8±1	343±13	5088±204	4,11±0,06	207,3±7,5	3,33±0,02	168,8±6,5	499±5
B ₁ G ₁ KE ₁ F ₂ O'	93	26,1±0,2	347±9	5010±113	4,33±0,03	216,1±4,6	3,43±0,01	171,6±3,8	510±2
B ₂ I ₂ A ₁ D ₁ G ₁ Q'	23	28,5±0,7	355±17	4983±223	4,15±0,09	205,2±8,8	3,35±0,03	166,9±7,6	491±7
E ₁ F ₂ O'	21	30,1±1,4	349±18	4967±224	4,09±0,06	202,7±9	3,34±0,03	165,9±7,5	488±7
I ₁ O'	36	26,8±0,4	368±16	4934±170	4,18±0,07	204,1±6,1	3,41±0,02	168,2±5,7	490±6
I ₁ Y ₂ E ₁ G ₁ I ₁ G''	127	27,1±0,3	354±9	4861±120	4,14±0,03	201±5,1	3,38±0,01	163,9±4	495±3
G ₃ O ₁ T ₁ A ₂ E ₃ F ₂ K'	15	30,5±2,1	395±38	4814±211	4,07±0,06	195,1±8,3	3,29±0,03	157,6±5,7	483±7
I ₁ O ₁ QA ₂ '	12	28,3±2	382±29	4806±212	4,12±0,05	198,9±10,4	3,38±0,03	162,3±7,2	487±11
b	206	28,3±0,3	359±6	4796±76	4,05±0,02	193,9±3,2	3,33±0,01	159,6±2,5	485±3
I ₁	10	26,7±0,8	335±31	4616±457	4,4±0,14	199,1±18	3,42±0,04	156,7±15	508±13
G ₂ O ₁ E ₁ I'	95	27,5±0,3	338±7	4514±123	4,14±0,03	185,8±4,9	3,37±0,01	152±4,1	473±4
O ₁ Q'	4	26,3±0,5	363±39	4504±543	3,91±0,05	175,7±20	3,31±0,03	148,7±17,1	468±13
В среднем	1355	27,3±0,8	355±5	5175±17	4,16±0,16	214,3±3,4	3,37±0,08	174,2±3,1	495±1

дуктивность коров *бурой швицкой* породы постоянно растет. С 2017 по 2022 год удой повысился на 2191 кг и составил 7567 кг молока (рекордный показатель в регионе). Постоянно проводимый нами иммуногенетический мониторинг аллелофонда позволил контролировать изменения в генетической структуре стада и породы.

В 2022 году в генотипах животных стада выявили 45 ЕАВ-аллелей — на четыре меньше, чем в 2017 году и на 23, по сравнению с породой. Наибольшее распространение (76,5%) получил наследственный материал, контролируемый семью маркерами, из них только два аллеля унаследованы от животных *бурой швицкой* породы отечественной селекции, остальные — от БША. Вследствие распространения небольшого количества генов, уровень гомозиготности за пять лет возрос на 82,8% и составил 19,5%. В результате использования семени импортных быков-производителей или их потомков, имеющих в своих генотипах маркерный ЕАВ-аллель $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, происходит накопление генетического материала, маркированного этим аллелем. Его концентрация к 2022 году возросла на 83,6%, по сравнению с 2017. Носители данного маркера — 40% коров стада, что на 20,8% превышает соответствующий показатель по породе в целом.

Для определения селекционной ценности отдельных маркерных ЕАВ-аллелей в хозяйстве провели анализ молочной продуктивности 1355 первотелок в зависимости от наследования определенного маркера (табл. 1). Установили ЕАВ-аллели, положительно коррелирующие с молочной продуктивностью. Коровы, генотип которых маркируют $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''/2$, $B_1O_3Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$, $B_1P_1Y_2G/Y'$, $O_2A_2J_2K/O'$, Y_2A_1 и некоторые другие, имели продуктивность, превышающую средние показатели в стаде. Превосходство по удою за 305 дн. первой лактации составляло от 8 до 1564 кг молока, выходу молочного жира — до 75,6 кг, молочного белка — до 40 кг. Положительная разница в продуктивности носителей аллелей $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''/2$, $B_1O_3Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$, $B_1P_1Y_2G/Y'$, по

сравнению со средними показателями стада, статистически значима ($p \leq 0,001$).

Также выявлены аллели, маркирующие наследственность коров, обладающих более низкой молочной продуктивностью, с удоем на 47...671 кг молока меньше, чем в среднем по стаду. Из них достоверно ниже удой животных с аллелями $G_2O_1E_1I'$, b ($p \leq 0,001$), $I_1Y_2E_1G/I'G''$ ($p \leq 0,01$).

Лучшие показатели (4,31...4,40%) по содержанию жира в молоке установлены у первотелок с аллелями $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''/2$, $O_2E_2G''/2$, $B_1G_1KE_1F_2O'$, $B_1G_2KY_2E_1F/O'G''/2$, I_1 , белка в молоке (свыше 3,40%) — с маркерами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $B_1G_1KE_1F_2O'$, $B_1G_2KY_2E_1F/O'G''/2$, I/Q' , I_1 .

Особый интерес представляют животные с маркерным ЕАВ-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$ БША в генотипе, занимающие ведущее место в стаде хозяйства. По величине удоя за первую лактацию (5290 кг) эта группа коров на восьмом месте из всех представленных в первой таблице (превышение среднего удоя — 115 кг молока, $p \leq 0,01$), имеет небольшое преимущество и по другим анализируемым показателям (скороспелость, содержание жира и белка в молоке, живая масса).

У каждого животного в ЕАВ-локусе есть два аллеля — от отца и матери, вместе они образуют генотип. Он отражает наследственность и оказывает большее влияние на фенотип животного, чем отдельный ген. Анализировали селекционируемые признаки особей, у которых одним из аллелей генотипа был самый распространенный в стаде маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, а альтернативным другой аллель этого же ЕАВ-локуса. Распределили всех коров хозяйства на группы с разными генотипами. Всего в стаде было выявлено 43 генотипа, в таблице 2 приведены данные по 15 наиболее многочисленным группам. Подавляющее число генотипов представлено ЕАВ-аллелями, унаследованными от БША, за исключением $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2/O_1$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2/G_1O'$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2/O'$, где второй аллель маркирует

Таблица 2.

Молочная продуктивность первотелок с ЕАВ-аллелем $G3O1T1Y2E/3F/2G//2$ в генотипе

Генотип	n	Возраст первого отела, мес.	Дойные дни	Удой за 305 дн., кг	М.Д.Ж.		М.Д.Б.		Живая масса, кг
					%	кг	%	кг	
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''/2$	12	24,7±0,5	374,3±28,4	6586±365**	4,30±0,08	281,4±13,1***	3,15±0,02***	208,1±12,0**	510±4**
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $B_1G_1KE_1F_2O'$	23	25,7±0,4*	377±19	5795±200	4,24±0,06	245,3±9**	3,46±0,04	200,7±7,1**	506±3**
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$	88	26,4±0,4	349±8	5612±137*	4,23±0,03*	235,9±5,4**	3,42±0,02	191,1±4,5*	501±2*
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, O_1	15	30,1±1,7*	360±25	5433±292	4,03±0,08	217,6±10,8	3,27±0,03***	177,7±9,6	488±6
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, G_3O'	46	26±0,5	346±12	5414±188	4,13±0,05	221,6±7	3,43±0,02	185,6±6,5	500±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $B_1P_1Y_2G/Y'$	48	26,5±0,4	340±9	5387±160	4,19±0,05	224,6±6,6	3,44±0,03	185,5±5,9	493±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, I/Q'	14	26,7±0,7	453±60	5316±273	4,08±0,05	216,8±11,1	3,39±0,03	180,5±10,2	497±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $B_1O_3Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$	24	26,3±0,6	345±17	5242±265	4,15±0,07	217,1±11,2	3,42±0,03	179,3±9,5	497±5
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $B_1G_2KY_2E_1F/O'G''/2$	12	26,9±0,8	378±32	5220±242	4,02±0,07	209,4±10,5	3,45±0,05	180,3±8,9	507±7
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, b	209	26,5±0,2	340±6	5095±81	4,15±0,02	210,6±3,3	3,4±0,01	172,6±2,7	494±2
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, O'	20	26,7±0,6	378±21	5094±216	4,08±0,08	206,8±8,5	3,39±0,03	173,3±8,4	487±6
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, другие	42	27,5±0,5*	372±12	5068±178	4,1±0,05	206,6±7,1	3,38±0,02	171,3±6,2	496±6
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $I_1Y_2E_1G/Y'G''$	47	25,9±0,5	336±8	5006±205	4,15±0,05	206,5±8,3	3,44±0,02	172,4±7,1	496±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $G_2O_1E_1I'$	16	25,1±0,4***	311±11	4982±357	4,58±0,11***	223,8±13,5	3,47±0,05	172,5±12,9	502±3
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $B_2A_2I_1D/G/Q'$	10	26,6±0,7	320±12*	4670±427	4,4±0,17	203,2±16,6	3,43±0,04	160±14,6	494±11
	614	26,5±0,2	350±5,8	5246±59	4,16±0,01	217,4±2,02	3,41±0,01	178,7±1,83	496±1

Примечание. Разница достоверна при уровнях значимости: * — $p \leq 0,05$, ** — $p \leq 0,01$, *** — $p \leq 0,001$. То же в табл. 3, 5.

Таблица 3.

Молочная продуктивность дочерей быка-производителя Атлет 3075 с альтернативными ЕАВ-аллелями отца (305 дн., первая лактация)

Аллель	n	Возраст первого отела, мес.	Дойные дни	Удой, кг	М.Д.Ж.		М.Д.Б.	
					%	кг	%	кг
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I'G''_2$	39	24,7±0,4	347±17	7057±171	4,32±0,04	304,8±7,7	3,11±0,01	218,8±5,0
$B_2O_3Y_2A'E_3G'/P/QY'$	29	24,2±0,3	336±15	6491±173	4,35±0,04	282,4±8,0	3,10±0,02	201,3±5,8
Разница		+0,5	+11	+656*	-0,03	+22,4*	+0,01	+17,5*

наследственность животных отечественной селекции и генотипа $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_2O_1E_1I'$ с маркером *джерсейской* породы.

Установили, что между животными, генотип которых не совпадает только по одному аллелю, существуют значительные различия по основным хозяйственно значимым признакам. Коровы с генотипами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I'G''_2$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KE_1F_2O'$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // O_1$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_1O'$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1P_1Y_2G/Y'$ по величине удоя за 305 дн. первой лактации на 141...1340 кг превосходили среднюю продуктивность коров всех анализируемых групп. Особи с генотипом $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KE_1F_2O'$ превосходят по удою средний показатель по выборке на 549 кг молока ($p \leq 0,01$). Разница между удоём первотелок имеющих генотип $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I'G''_2$ и удоём первотелок с генотипом $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_2I_2A_1D/G/Q/$ составила 1916 кг молока ($p \leq 0,01$).

Лучшей жирномолочностью (4,58%, $p \leq 0,001$) и белковомолочностью обладали коровы с генотипом $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_2O_1E_1I'$.

Полученные данные свидетельствуют о различном влиянии наследственных факторов, маркируемых ЕАВ-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, в сочетании с наследственными особенностями животных с другими ЕАВ-аллелями.

При селекции на повышение молочной продуктивности происходит консолидация наследственного материала выдающихся животных породы и растет общий уровень гомозиготности, что установлено на примере стада *бурого швицкого* скота племенного репродуктора «Дружба», в котором возрастание концентрации маркера $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ привело к появлению большого количества гомозиготных по нему коров.

Увеличивается концентрация определенных аллелей под влиянием инбридинга (в стаде 23% коров, инбредных в разной степени), использования быков-произво-

Таблица 4.

Коровы-рекордистки бурой швицкой породы

Кличка, номер		Продуктивность по максимальной лактации			Генотип
		Удой, кг	Жир, %	Белок, %	
Рада	318	12091	4,21	2,98	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / O_1Y_2D'E_3G''_2$
Южанка	207	11720	3,66	3,42	$G_1O' / E_3F_2O'G''_2$
Дона	313	11184	3,76	3,64	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / G_1O'$
Каприза	388	11096	3,7	3,56	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / B_2P_1Y_2G/Y'$
Верб	3666	11010	3,87	3,23	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / I_1G'G''_2$
Тихоня	316	10964	4,23	3,2	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / b$
Дубрава	102	10909	3,94	3,31	$B_2G_1KY_2E_3F_2O'G''_2 / O_1$
Грация	457	10856	4,26	3,15	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$
Санта	108	10821	3,86	3,61	$G_1O' / B_2O_3Y_2A'E_3G'/P/QY'$
Сваха	236	10760	4,34	3,13	$B_2G_1KE_1F_2O' / B_2P_1Y_2G/Y'$
Бажена	3967	10602	3,79	3,61	$G_1O' / G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$
Акация	3829	10579	4,21	3,05	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$
Лав	424	10537	3,87	3,11	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$
Улада	330	10496	4,47	3,21	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / b$
Мурена	567	10364	3,78	3,48	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$
Кукла	3847	10324	4,08	3,02	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / B_2G_1KE_1F_2O'$
Августина	193	10320	4,41	3,04	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$
Луна	635	10263	4,12	3,24	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / O'$
Саяна	3798	10259	3,79	3,42	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / b$
Ромашка	3821	10242	4,15	3,1	$G_1O' / A'E_3F_2$
Ириска	668	10214	4,19	3,11	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / B_2G_1KE_1F_2O'$
Зина	1283	10128	4,27	2,93	$B_2O_3Y_2A'E_3G'/P/QY' / G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$
Умка	4024	10062	3,87	3,29	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / B_2I_2A_1D/G/Q'$
Афина	673	10054	3,88	3,11	$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 / G_1O'$

Таблица 5.

Продуктивное долголетие коров с EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ в генотипе

Генотип	n	Возраст первого отела, мес.	Удой пожизненный, кг	М.Д.Ж.		М.Д.Б.		Возраст, лакт.
				%	кг	%	кг	
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // O'$	20	26,7±0,6	24408±3843	4,12±0,09	985±150,3	3,41±0,02	824,4±126,5	4±0,48
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KY_2E_1F_1O/G''$	12	26,9±0,8	24365±10113	4,02±0,05	984,1±412,2	3,43±0,04	822,8±338,1	3,58±0,79
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1A_1D/G/Q'$	10	26,6±0,7	22140±2972	4,07±0,05	901,9±122,2	3,4±0,03	749,4±97,3	4,1±0,43
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_2O_1E_1I'$	16	25,1±0,4***	19398±3379	4,24±0,09	831,5±149,2	3,42±0,03	663,2±114,4	3,25±0,36
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // \text{остальные}$	42	27,5±0,5*	18767±1890	4,08±0,03	764±76,4	3,38±0,02	632,4±63,7	3,55±0,25
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1O_1Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$	24	26,3±0,6	18405±2566	4,09±0,05	757,5±105,5	3,43±0,03	626,7±86,4	3,54±0,32
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I'$	13	26,3±0,6	18016±2754	4,13±0,05	750±118,3	3,38±0,02	611,3±94,1	3,23±0,47
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // b$	209	26,5±0,2	17729±897	4,15±0,02	730,7±36,8	3,4±0,01	600,6±30,2	3,37±0,11
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // O_1$	15	30,1±1,7*	17545±3235	4±0,08	690,9±124,9	3,31±0,03	580±107,2	3,13±0,5
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_1O'$	46	26±0,5	16897±2168	4,06±0,04	688,6±89	3,4±0,02	573,3±73,1	3,11±0,22
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1P_1Y_2G/Y'$	48	26,5±0,4	16735±1823	4,15±0,03	691,4±75,6	3,41±0,02	569,4±62,2	3,17±0,19
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I/Q'$	14	26,7±0,7	16619±3373	4,15±0,07	693,7±143,2	3,31±0,02	553,4±113,1	3,21±0,33
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$	88	26,4±0,4	15672±1329	4,22±0,03*	659±56,4	3,37±0,02	528±44,9	2,77±0,14**
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I_1Y_2E_1G/G''$	47	25,9±0,5	14969±1777	4,12±0,04	613,8±71	3,42±0,03	511,3±60,5	3,21±0,21
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KE_1F_2O'$	23	25,7±0,4*	13582±1827	4,34±0,09*	582,4±73,9	3,32±0,05	450,5±60,8*	2,65±0,21**
В среднем	627	26,5±0,2	17469±518	4,14±0,01	720,5±19,4	3,39±0,01	591±16,4	3,25±0,06

дителей в отдаленной степени имевших общего предка (60% имеют в генотипе аллель $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, унаследованный от предков БША, в том числе быки Вий и Мусс гомозиготны по данному аллелю и маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ передали всем своим дочерям).

Анализом уровня молочной продуктивности гомозиготных в EAB-локусе коров ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$) установили их превосходство над гетерозиготными ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // \text{другие}$) по удою на 428 кг, массовой доле жира — 0,09% (22,5 кг), белка — 0,01% (4,3 кг), живой массе после первого отела — 6,0 кг. Также от гомозиготных животных за первую лактацию получили больше молочной продукции, чем в среднем по выборке, со статистически значимой разностью ($p \leq 0,05$).

У коров с генотипом $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$ самый высокий потенциал молочной продуктивности. Маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$ эта группа животных унаследовала от отца — быка-производителя Атлета 3075, закупленного в ООО «Вера» Ростовской области. Животные, в генотипах которых данный маркер сочетается с EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, по показателям молочной продуктивности (за исключением содержания белка в молоке) за первую лактацию (6586 — 4,30 — 281 — 3,15 — 208,1) превосходили своих аналогов с другими генотипами.

У дочерей Атлета, унаследовавших часть его генотипа, маркированную EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$ были выше показатели молочной продуктивности за 305 дн. первой лактации, чем у их полусестер с наследственным материалом Атлета, маркированным EAB-аллелем $B_1O_1Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$ (табл. 3). Маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$, вероятнее всего, получен в результате кроссинговера присоединением к аллелю $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ участка хромосомы с антигеном I' и обогатившим наследственность Атлета другими ценными в отношении молочной продуктивности генами.

В результате насыщения популяции животных генетическим материалом с маркером $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ в стаде увеличивается количество коров с рекордным для бурой швейцарской породы удоем свыше 10000 кг мо-

лока за лучшую лактацию. В генотипах 19 из 24 коров-рекордисток установлено присутствие маркера $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, что составляет 79% общего количества (табл.4). У пяти из них (21%) данный аллель находится в гомозиготном состоянии, что способствует проявлению лучшей для породы продуктивности по удою, 42% рекордисток содержат в своих генотипах маркеры животных отечественной селекции.

Изучили продуктивное долголетие коров, у которых в генотипе EAB-локуса маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ сочетается с другими EAB-аллелями, найдены существенные различия между группами коров по всем анализируемым признакам (табл. 5). Возраст первого отела варьировал от 25,1 до 30,1 мес., пожизненный удой — 13582...24408 кг молока, жирномолочность — 4,00...4,34%, белкомолочность — 3,31...3,42%, продуктивное долголетие — 2,65...4,1 лактации, выход молочного жира — 582,4...985,0 кг, белка — 450,5...824,4 кг.

Коровы с генотипами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KY_2E_1F_1O/G''$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1A_1D/G/Q'$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_2O_1E_1I'$ имели более высокое продуктивное долголетие и превосходили средние показатели выбывших по пожизненному надою на 2469...6939 кг молока, выходу молочного жира — 111,0...264,5 кг и белка — 72,2...233,4 кг. Количество лактаций у них больше на 0,0...0,85 лактации, чем в среднем по исследованным выбывшим коровам.

Особи с генотипами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I_1Y_2E_1G/I/G''$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KE_1F_2O'$ имели самые низкие показатели продуктивного долголетия из всех животных, исследованных по этому признаку. За всю продуктивную жизнь от них получили меньше, чем в среднем по выборке на 2500...3800 кг молока, 106,7...138,1 кг молочного жира и 79,7...140,5 кг молочного белка, на 0,04...0,6 лактаций за период жизни.

Гомозиготные в EAB-локусе коровы ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$) по величине удоя, выходу молочного жира и белка за период хозяйственного использования имели показатели ниже уровня средних по выборке, а также более короткую (на 0,48 лактации) продуктивную жизнь ($p \leq 0,01$). Считаем,

что невысокое продуктивное долголетие гомозиготных коров, по сравнению с гетерозиготными, обеспечено негативным фенотипическим проявлением идентичных аллелей в EAB-локусе ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$), отсутствием эффекта гетерозиса, что приводит к снижению жизнеспособности организма и более раннему выбытию. Такие животные способны проявлять высокую молочную продуктивность в короткий жизненный период, требовательны к условиям содержания, особенно рациону кормления. В данном случае имеет место инбридинг, выявляемый с помощью генетических маркеров и который из-за отдаленности общего предка, не учитывается при традиционной оценке родословных.

Выводы. С помощью маркерных генов групп крови определили сокращение генетической изменчивости и повышение уровня гомозиготности стада *бурой швицкой* породы крупного рогатого скота. Из 45 выявленных у животных стада EAB-аллелей концентрация семи маркеров — 76,5%. Наибольшее распространение в стаде (40%) получили животные с EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ — на 20% выше, чем по породе в целом. Удой коров вследствие консолидации лучшего генетического материала животных возрос за пять лет на 2191 кг и составил 7567 кг.

Установлены EAB-аллели, сопряженные с высоким и низким уровнями молочной продуктивности коров. Животные гомозиготные по распространенному в стаде маркеру $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ по первой лактации превосходили сверстниц с другими генотипами, но имели низкие показатели продолжительности жизни и полученной за это время продукции. Считаем, что гомозиготное состояние генотипа в EAB-локусе групп крови, по сравнению с гетерозиготным, снижает жизнеспособность потомства.

Необходимо продолжить оценку быка-производителя Атлет 3075 по качеству потомства с учетом наследования его маркерных EAB-аллелей и продуктивного долголетия дочерей.

Использование групп крови как генетических маркеров позволяет повысить эффективность селекционной работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гонтон М.Е., Кольцов Д.Н. Молочная продуктивность и гетерогенность в EAB, EAF локусах бурого швицкого скота // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 53–58. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp53-58
2. Гонтон М.Е., Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И. Объективный способ сохранения генов отечественных малочисленных пород скота // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 78–81. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/78-81
3. Гончаренко Г.М. Генетические маркеры и их значение в селекционно-племенной работе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 47–53.
4. Гридин В.Ф., Гридина С.Л., Лешонок О.И. и др. Распределение высокопродуктивных коров по частоте встречаемости аллелей // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. № 4. С. 222–225. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.222
5. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н. Генетические маркеры групп крови при оценке молочной продуктивности коров семейств сычужской породы // Зоотехния. 2023. № 8. С. 2–7. DOI: 10.25708/ZT.2023.73.82.001

6. Кузнецов В.М. Ассоциации групп крови с количественными признаками. MAS и геномная селекция [Электронный ресурс]. Режим доступа: vm-kuznetsov.ru>files/etude/13_blood_gs.pdf. 2009. С. 1–17. обновл.10.04.2010.
7. Марзанов Н.С., Кореецкая Е.А., Марзанова С.Н. и др. Иммуногенетический способ определения моно- и дизиготности у потомков четырех видов жвачных животных // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 49–61. DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-49-61
8. Новиков А.А., Хрунова А.И., Букаров Н.Г. Изменение аллелофонда EAB-системы групп крови холмогорской породы крупного рогатого скота в связи с голштинизацией // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 5-1. С. 204–207.
9. Попов Н.А., Марзанова Л.К., Некрасов А.А. и др. Аллелофонд голштинской породы и его использование для совершенствования молочности крупного рогатого скота Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 4. С. 14–20.
10. Попов Н.А., Саморуков Ю.В. Использование аллелофонда систем групп крови крупного рогатого скота при чистопородном разведении и скрещивании // Дубровицы: ВИЖ, 1996. 65 с.
11. Шукюрова Е.Б., Марзанов Н.С. Использование генов-маркеров при селекции молочной продуктивности дальневосточного черно-пестрого скота // Биологические науки в XXI веке. Проблемы и тенденции развития. Сб. науч. трудов III Межд. науч.-практ. конф. Башкирский государственный университет, Бирский филиал, 2018. С. 250–254.
12. Электронный ресурс. https://shoppers.media/news/12930_v-rossii-vpervye-za-10-let-upala-samoobespechennost-molocnyimi-produktami. (дата обращения 20.02.2024).

REFERENCES

1. Gontov M.E., Kol'cov D.N. Molochnaya produktivnost' i geterogennost' v EAB, EAF lokusah burogo shvickogo skota // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 6. S. 53–58. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp53-58
2. Gontov M.E., Kol'cov D.N., Dmitrieva V.I. Ob'ektivnyj sposob sohraneniya genov otechestvennykh malochislennykh porod skota // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 4. S. 78–81. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/78-81
3. Goncharenko G.M. Geneticheskie markery i ih znachenie v selekcionno-plemennoj rabote // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2008. № 6. S. 47–53.
4. Gridin V.F., Gridina S.L., Leshonok O.I. i dr. Raspredele-nie vysokoproduktivnykh korov po chastote vstrechaemosti allelej // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2018. № 4. S. 222–225. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.222
5. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N. Geneticheskie markery grupp krovi pri ocenke molochnoj produktivnosti korov semejstv sychevskoj породы // Zootekhnika. 2023. № 8. S. 2–7. DOI: 10.25708/ZT.2023.73.82.001
6. Kuznetsov V.M. Assotsiatsii grupp krovi s kolichestvennymi priznakami. MAS i genomnaya selekciya [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: vm-kuznetsov.ru>files/etude/13_blood_gs.pdf. 2009. S. 1–17. obnobl.10.04.2010
7. Marzanov N.S., Koreckaya E.A., Marzanova S.N. i dr. Immunogeneticheskij sposob opredeleniya mono- i dizigotnosti u potomkov chetyrekh vidov zhvachnykh zhivotnykh // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 6. S. 49–61. DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-49-61
8. Novikov A.A., Hrunova A.I., Bukarov N.G. Izmenenie allelofonda EAV-sistemy grupp krovi holmogorskoj породы krup-

- nogo rogatogo skota v svyazi s golshtinizaciej // Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoj nauki. 2014. № 5-1. S. 204–207.
9. Popov N.A., Marzanova L.K., Nekrasov A.A. i dr. Allelofond golshtinskoj porody i ego ispol'zovanie dlya sovershenstvovaniya molochnosti krupnogo rogatogo skota Rossijskoj Federacii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 4. S. 14–20.
 10. Popov N.A., Samorukov Yu.V. Ispol'zovanie allelofonda sistem grupp krovi krupnogo rogatogo skota pri chistopородnom razvedenii i skreshchivanii // Dubrovicy: VIZH, 1996. 65 s.
 11. Shukyurova E.B., Marzanov N.S. Ispol'zovanie genov-mark-erov pri selekcii molochnoj produktivnosti dal'nevostochnogo cherno-pestrogo skota // Biologicheskie nauki v XXI veke. Problemy i tendencii razvitiya. Sb. nauch. trudov III Mezhd. nauch.-prakt. konf. Bashkirskij gosudarstvennyj universitet, Birskij filial, 2018. S. 250–254.
 12. Elektronnyj resurs. https://shoppers.media/news/12930_v-rossii-vpervye-za-10-let-upala-samoobespecennost-molocnymi-produktami. (data obrashcheniya 20.02.2024).

Поступила в редакцию 11.03.2024

Принята к публикации 25.03.2024

ИММУННЫЙ СТАТУС ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В РАЗЛИЧНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ*

Святослав Валерьевич Лебедев, доктор биологических наук

Татьяна Витальевна Казакова, соискатель

Ольга Владимировна Маршинская, соискатель

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»,

г. Оренбург, Россия

E-mail: vaisvais13@mail.ru

Аннотация. Из-за широкого распространения иммунодефицитов у сельскохозяйственных животных необходимо разработать обоснованную и доказательную методологию раннего выявления недостаточности иммунной системы для профилактики и своевременной ее коррекции. Цель работы — изучить иммунный профиль здоровых цыплят-бройлеров в ходе физиологического развития. У птиц кросса Arbor Acres в возрасте 7, 14, 28 и 42 суток оценивали иммунный статус, определяя сывороточные уровни цитокинов (IL-2, IL-4, IL-10, IFN- γ), иммуноглобулинов (IgA, IgY) и лизоцима методом иммуноферментного анализа. Установили, что в период постнатального онтогенеза иммунная система цыплят-бройлеров подвергается динамическим изменениям, которые носят возрастную направленность и фазовый характер. Полученные результаты указывают на снижение эффективности функционирования иммунной системы птиц с увеличением возраста. Наиболее выраженный иммунологический дефицит в организме цыплят-бройлеров отмечен в возрасте 7–14 суток, что связано с незрелостью иммунной системы и характеризуется тем, что неспецифические гуморальные и специфические клеточные факторы защиты находятся на низком уровне — содержание лизоцима, IL-2, IL-10 и IgA в сыворотке крови было минимальным. Начиная с 28-суточного возраста наблюдали специфическую гуморальную иммунную недостаточность, которая компенсировалась усилением клеточных факторов защиты — сывороточный уровень IgY интенсивно снижался на фоне повышения лизоцима, IL-2, IL-4, IL-10. Подобные изменения могут влиять на иммунокомпетентность, восприимчивость к заболеваниям и, как следствие, мясную продуктивность.

Ключевые слова: птицеводство, иммунитет, иммунодефицит, воспаление

IMMUNE STATUS OF BROILER CHICKENS DURING DIFFERENT TIMES OF PHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT

S.V. Lebedev, *Grand PhD in Biological Sciences*

T.V. Kazakova, *Graduate Student*

O.V. Marshinskaya, *Graduate Student*

FSSI «Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences», Orenburg, Russia

E-mail: vaisvais13@mail.ru

Abstract. The widespread prevalence of immunodeficiencies in farm animals challenges researchers to develop a sound and evidence-based methodology for early detection of immune system deficiencies for prevention and timely correction. In this regard, the strategy of modern scientific research is primarily aimed at a detailed study of the immune system, the mechanisms of immunosuppression and the search for effective means of correction of disturbed immune homeostasis. The aim of this study was to investigate the immune profile of healthy broiler chickens during physiological development. Immune status was assessed in broiler chickens of Arbor Acres cross at the age of 7, 14, 28 and 42 days, including determination of serum levels of cytokines (IL-2, IL-4, IL-10, IFN- γ), immunoglobulins (IgA, IgY) and lysozyme by enzyme immunoassay. It has been established that during postnatal ontogenesis the immune system of broiler chickens undergoes dynamic changes, which have an age direction and phase character. The results obtained indicate a decrease in the efficiency of functioning of the immune system of birds with increasing age. The most pronounced immunological deficiency in the organism of broiler chickens is observed at the age of 7–14 days, which is associated with the immaturity of the immune system and is characterized by the fact that nonspecific humoral and specific cellular defense factors are at a rather low level — the level of lysozyme, IL-2, IL-10 and IgA in blood serum at this age was minimal; starting from 28 days of age, there is a specific humoral immune insufficiency, which is compensated by strengthening of cellular defense factors — serum level of IgY intensively decreases against the background of increase of lysozyme, IL-2, IL-4, IL-10. Such changes in the immune system can affect immunocompetence, susceptibility to diseases, and as a consequence, meat productivity.

Keywords: poultry, immunity, immunodeficiency, inflammation

Промышленное птицеводство интенсивно развивается, обеспечивая население высококачественной продукцией. [14] Однако в условиях увеличения продуктивности, а также воздействия различных стресс-факторов внешней среды (нарушение температурно-

влажностного режима в помещениях, смена рациона и уровня кормления, технологические приемы) происходит снижение адаптационных возможностей организма, истощение его функциональных резервов, что отражается на здоровье животных и имеет неже-

* Исследование выполнено в рамках гранта РНФ № 22-16-00070 «Разработка новых подходов к повышению продуктивности сельскохозяйственной птицы с использованием биокоординационных соединений и микробиальных препаратов различной природы»/ The study was carried out within the framework of the RFBR grant No. 22-16-00070 «Development of new approaches to increasing the productivity of poultry using biocoordination compounds and microbial preparations of various nature».

лательные экономические последствия. [5, 9] У сельскохозяйственной птицы развиваются вторичные (приобретенные) иммунодефициты, которые характеризуются снижением функции иммунной системы и сопротивляемости организма по отношению к различным инфекциям. [11] Главная задача иммунной системы — распознавание и элиминация из организма чужеродных веществ антигенной природы. [20] Данная функция осуществляется с помощью факторов врожденного иммунитета и адаптивного. Нормальное функционирование иммунной системы возможно только при условии взаимосвязи всех звеньев специфических иммунных реакций и факторов неспецифической иммунной реактивности. [12] Ученые отмечают, что высокопродуктивные кроссы пород характеризуются более низкими ресурсами для адаптации (теория распределения ресурсов), чаще фиксируются кишечные инфекционные заболевания и случаи слабого иммунного ответа на проводимые вакцинации. [3]

Из-за широкого распространения иммунодефицитов необходимо разработать обоснованную и доказательную методологию раннего выявления недостаточности иммунной системы для профилактики и своевременной ее коррекции. В связи с этим стратегия современных научных исследований направлена на детальное изучение иммунной системы сельскохозяйственных животных, механизмов иммунодепрессии и поиск эффективных средств коррекции нарушенного иммунного гомеостаза. [10] Несмотря на прогресс за последние несколько десятилетий, многочисленные ключевые вопросы, касающиеся клеточно-опосредованного и гуморального иммунитета птиц, по-прежнему требуют дальнейшего рассмотрения.

Цель работы — изучить иммунный профиль здоровых цыплят-бройлеров в ходе онтогенеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — цыплята-бройлеры кросса Arbor Acres (ЗАО «Птицефабрика Оренбургская»).

Обслуживание животных и эксперименты выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» National Academy Press, Washington, D.C., 1996). Во время исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества опытных образцов.

Работу проводили на базе вивария ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в 2023 году. Изучали четыре группы ($n=7$) цыплят-бройлеров разных возрастов — 7, 14, 28 и 42 суток. Кровь забирали из подкрыльцовой вены с использованием пробирок с активатором свертывания и гелем VACUETTE (Greiner Bio-One International AG, Австрия).

Оценивали иммунный статус птиц, определяя сыровоточные уровни цитокинов (IL-2, IL-4, IL-10, IFN- γ), иммуноглобулинов (IgA, IgY) и лизоцима методом иммуноферментного анализа с помощью планшетного спектрофотометра INNO (LTeK, Республика Корея) и набором реагентов ELISA kit, Chicken Interleukin 2 (IL2) (Cloud-Clone Corp., USA), ELISA kit, Chicken

Interleukin 4 (IL4), ELISA kit, Chicken Interferon Gamma (IFN γ), ELISA kit, Chicken Interleukin 10 (IL10), ELISA kit, Chicken Immunoglobulin Y (IgY) (BlueGene Biotech, China), ELISA kit, Chicken Immunoglobulin A (IgA), (BlueGene Biotech, China) соответственно. Именно такая панель исследований наиболее информативна и позволяет с максимальной объективностью дать характеристику иммунного гомеостаза организма цыплят-бройлеров в онтогенезе.

Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием пакета «STATISTICA 10» (StatSoft Inc., США). Применяли непараметрические процедуры анализа статистических совокупностей (U-критерий Манна-Уитни).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Неспецифический (врожденный) иммунитет — наиболее древняя ветвь иммунной системы, филогенетически связанная с примитивными проявлениями жизнедеятельности простейших организмов, усложнявшаяся со временем и сформировавшая разнообразные механизмы защиты. Данное звено иммунной системы рассматривают как передовую линию защиты организма, один из факторов которой — лизоцим. [2] Нарастание его уровня в сыворотке крови цыплят-бройлеров происходило постепенно, достигая максимальных значений к 42-дневному возрасту (24,7 мкг/мл) (рис. 1).

Специфический (приобретенный) иммунитет представлен клеточным, обусловленным работой Т-лимфоцитов, и гуморальным, который обеспечивается В-лимфоцитами. [8] Хотя гуморальный (опосредуемый антителами) иммунитет важен для защиты организма от многих бактериальных и вирусных инфекций, во многих из них, особенно внутриклеточных, участвует, в первую очередь, клеточный, обеспечивающий устойчивость организма к действию инфекционных агентов и помогающий при восстановлении. [6] Экспериментальные исследования показывают, что в ответ на внедрение инфекционного агента организм отвечает универсальной, генетически запрограммированной реакцией, реализующейся в виде воспаления. [19] Существуют сложные механизмы регуляции воспаления, но ведущая роль в поддержании гомеостаза

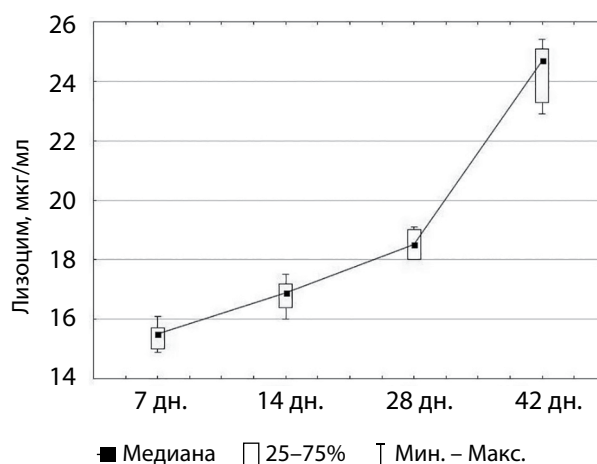


Рис. 1. Динамика изменения уровня лизоцима в сыворотке крови здоровых цыплят-бройлеров в зависимости от возраста, мкг/мл.

отводится системе цитокинов — главных сигнальных молекул иммунной системы, модулирующих активность ее клеток, определяющих активацию врожденного и развитие адаптивного иммунного ответа. [2] Типы иммунного ответа связаны с преимущественным участием клонов Т-лимфоцитов хелперов первого (Th1) или второго типа (Th2), которые различаются продуцируемыми цитокинами и ролью в стимулировании развития иммунного ответа — по клеточному или гуморальному типу. [4] Активация Th1 ведет к развитию клеточного типа ответа, синтез Th2 стимулирует преимущественно гуморальное звено иммунитета. [18]

Содержание цитокинов IL-2 и IL-10 увеличивалось постепенно, достигая максимума к 42 суткам физиологического развития птиц — 13,55 и 45,52 пг/мл соответственно (рис. 2, 3). Наименьшие значения по содержанию данных показателей были установлены с 7 по 14 сутки физиологического развития цыплят, что обосновывается незрелостью иммунной системы птиц и неспособностью организма вырабатывать достаточное количество цитокинов. IL-2 как цитокин Th1-типа, участвует во всех воспалительных реакциях и стимулирует клеточное звено специфического иммунитета. [17]

IL-10 — ингибитор клеточного иммунитета, подавляет продукцию провоспалительных цитокинов, предотвращает дифференцировку моноцитов в тканевые макрофаги и апоптоз, усиливает продукцию IL-2 и IFN- γ . [16]

Установлено, что до 14-суточного возраста у цыплят-бройлеров динамика нарастания уровня IL-4 в сыворотке крови была относительно стабильной. Но при рассмотрении содержания IL-4 выявили нестабильные изменения — повышение сывороточного количества IL-4 на 14 сутки физиологического развития бройлеров чередовалось снижением данного показателя к 28 дню развития, которое, в свою очередь, сменялось стойким его повышением к 42 суткам (рис. 4).

IL-4 регулирует аллергический тип воспаления и стимулирует гуморальное звено специфического иммунитета. Эти функции эволюционно сформировались для быстрого и мощного развития воспалительной реакции. IL-4 стимулирует пролиферацию активированных антигеном В-лимфоцитов, что индуцирует синтез иммуноглобулинов. [13]

Иная тенденция была для динамики IFN- γ , уровень которого в ходе онтогенетического развития птиц постепенно снижался и достиг минимального значения к 28-дневному возрасту (9,52 мкг/мл), но к 42-дневному содержание данного показателя вновь нарастало (рис. 5).

Известно, что IFN- γ относится ко II типу интерферонов, регулирующих специфический иммунный ответ и неспецифическую резистентность, стимулирует активность Т- и В-лимфоцитов, совместно с антагонистом IL-4 поддерживает баланс Th1/Th2. [15]

Один из главных и надежных методов оценки В-системы иммунитета для диагностики всех форм иммунодефицитов — определение уровня иммуноглобулинов. Наиболее важные функции антител — нейтрализация токсинов и вирусов, опсонизация микроорганизмов для усиления фагоцитоза, активация комплемента и предотвращение присоединения микроорганизмов к поверхности слизистой оболочки. IgY — доминирующий иммуноглобулин в сыворотке крови и яичном желтке птиц, а также главный изо-

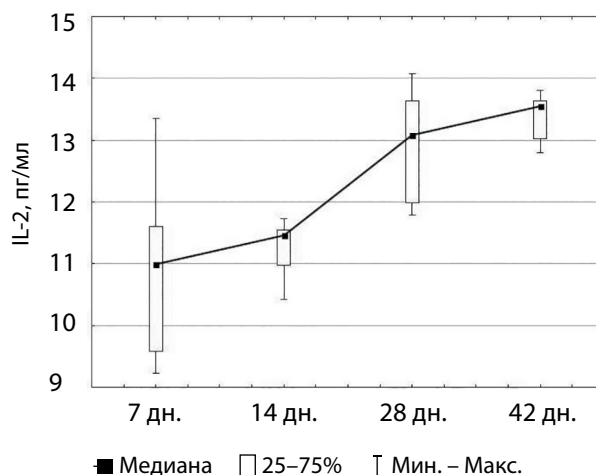


Рис. 2. Динамика изменения уровня IL-2 в сыворотке крови здоровых цыплят-бройлеров в зависимости от возраста, пг/мл.

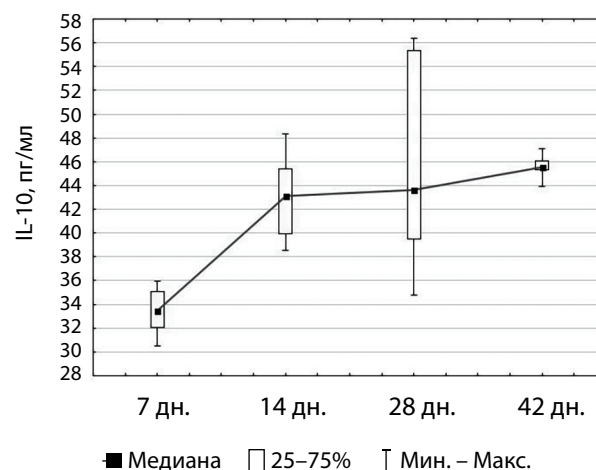


Рис. 3. Динамика изменения уровня IL-10 в сыворотке крови здоровых цыплят-бройлеров в зависимости от возраста, пг/мл.

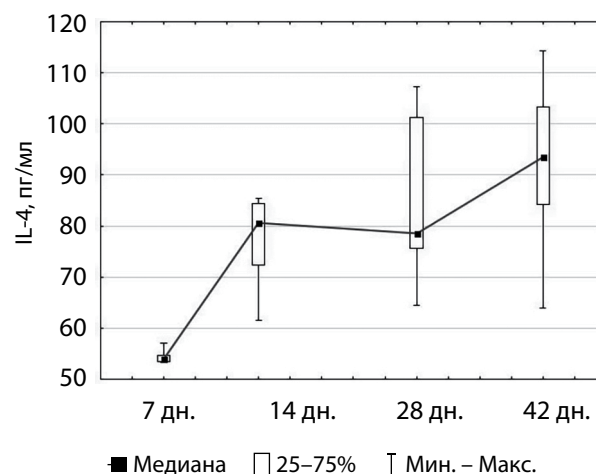


Рис. 4. Динамика изменения уровня IL-4 в сыворотке крови здоровых цыплят-бройлеров в зависимости от возраста, пг/мл.

тип во вторичном иммунном ответе, что определяет его функциональное сходство с IgG млекопитающих. В проведенном исследовании наблюдали отчетливое снижение уровня IgY в сыворотке крови в течение 42-дневного периода выращивания птиц (рис. 6).

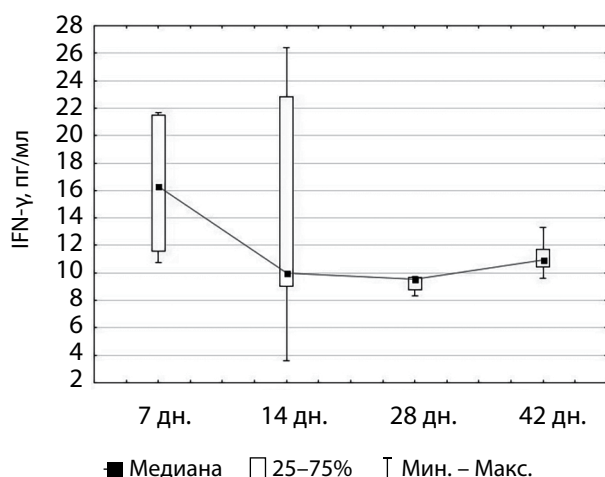


Рис. 5. Динамика изменения уровня IFN-γ в сыворотке крови здоровых цыплят-бройлеров в зависимости от возраста, пг/мл.

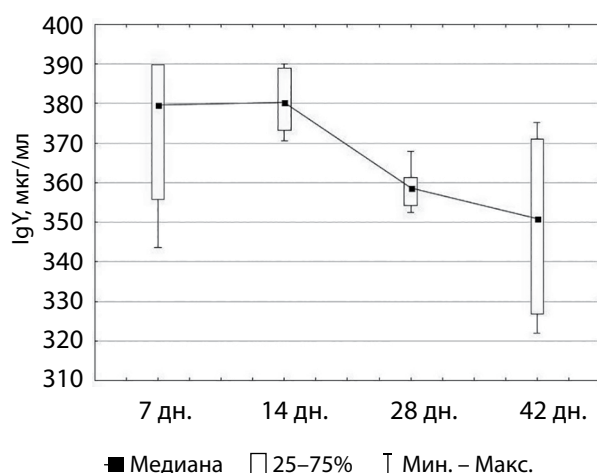


Рис. 6. Динамика изменения уровня IgY в сыворотке крови здоровых цыплят-бройлеров в зависимости от возраста, мкг/мл.

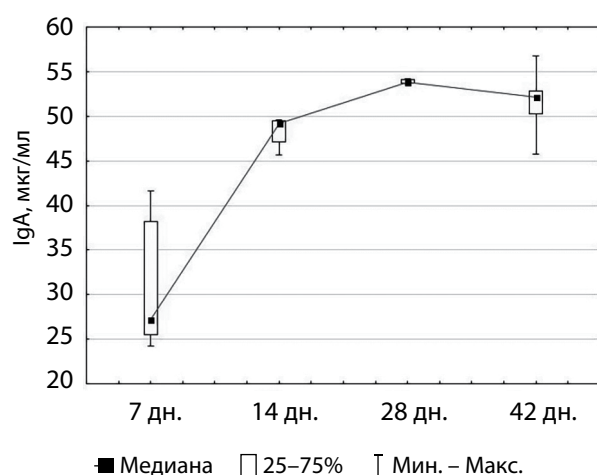


Рис. 7. Динамика изменения уровня IgA в сыворотке крови здоровых цыплят-бройлеров в зависимости от возраста, мкг/мл.

Несмотря на высокий уровень IgY в семидневном возрасте, у цыплят-бройлеров происходило истощение защитных сил в первые две недели жизни из-за распада овариальных глобулинов и морфофункциональной незрелости иммунной системы, в результате чего посте-

пенно снижалось содержание данного иммуноглобулина, который к 42 суткам физиологического развития достиг минимальных значений.

При рассмотрении содержания в сыворотке в крови IgA, установлено, что его уровень постепенно увеличивался в ходе онтогенеза цыплят, но начиная с 28 суток физиологического развития снижался (рис. 7).

IgA играет решающую роль в защите поверхности слизистых оболочек от токсинов, вирусов и бактерий путем прямой нейтрализации или предотвращения связывания с ней. [7]

Выводы. В период постнатального онтогенеза иммунная система цыплят-бройлеров подвергается динамическим изменениям, которые носят возрастную направленность и фазовый характер. Полученные результаты указывают на снижение эффективности функционирования иммунной системы птиц с увеличением возраста. Наиболее выраженный иммунологический дефицит в организме цыплят-бройлеров зафиксирован в возрасте 7–14 суток, что связано с незрелостью иммунной системы и характеризуется тем, что неспецифические гуморальные и специфические клеточные факторы защиты (лизоцим, IL-2, IL-10 и IgA) находятся на низком уровне. Начиная с 28-суточного возраста отмечается специфическая гуморальная иммунная недостаточность, которая компенсируется усилением клеточных факторов защиты – сывороточный уровень IgY интенсивно снижается на фоне повышения содержания лизоцима, IL-2, IL-4, IL-10. Подобные изменения в иммунной системе могут влиять на иммунокомпетентность, восприимчивость к заболеваниям, и как следствие, мясную продуктивность.

Определение нормального содержания цитокинов и иммуноглобулинов в сыворотке крови сельскохозяйственной птицы в различные возрастные периоды имеет важное значение для оценки изменения их уровня в ходе того или иного патологического процесса. Не менее важна данная информация для представления о нормальных иммунологических вариациях в различных возрастных группах. Анализ показателей иммунного статуса в динамике всегда более информативен как в диагностическом, так и прогностическом отношении. Установленные закономерности изменения цитокинового и иммуноглобулинового профиля цыплят-бройлеров в ходе физиологического развития дополняют и обобщают положения теории индивидуального развития организма птицы. Таким образом, полученные данные могут внести вклад в ветеринарную медицину и биологию индивидуального развития сельскохозяйственных птиц, в частности цыплят-бройлеров Arbor Acres.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Климов В.В. Основы иммунологии: учебное пособие. Томск, Изд-во: СибГМУ, 2017. 169 с. ISBN 978-5-98591-130-5.
2. Решетникова Л.К. Иммунология. Благовещенск: Амурская государственная медицинская академия Минздрава России, 2019. 178 с.
3. Ahfeethah F., Elazomi A., Kammon A. Effect of humic acid and probiotics on immunity of broiler chickens // Open Vet J. 2023. Vol. 13. No. 7. PP. 839–845. DOI:10.5455/OVJ.2023.v13.i7.5.
4. Caput D., Laurent P., Kaghad M. et al. Cloning and characterization of a specific interleukin (IL)-13 binding protein structurally related to the IL-5 receptor alpha chain // J Biol Chem. 1996. Vol. 271. No. 28. PP. 16921–16926. DOI:10.1074/jbc.271.28.16921.

5. Colvero L.P., Villarreal L.Y., Torres C.A. et al. Assessing the economic burden of avian infectious bronchitis on poultry farms in Brazil // *Rev Sci Tech.* 2015. Vol. 34. No. 3. PP. 993–999. DOI: 10.20506/rst.34.3.2411.
6. Dinarello C.A. Historical insights into cytokines // *Eur J Immunol.* 2007. Vol. 37. No.1. PP. 34–45. DOI: 10.1002/eji.200737772.
7. Duangnumsaeng Y., Zentek J., Goodarzi Boroojeni F. Development and Functional Properties of Intestinal Mucus Layer in Poultry // *Front Immunol.* 2021. No.12. PP. 745849. DOI: 10.3389/fimmu.2021.745849.
8. Flower D., Timmis J. In *Silico Immunology*. New York: Springer-Verlag, 2007. 450 p.
9. Guarino Amato M., Castellini C. Adaptability Challenges for Organic Broiler Chickens: A Commentar // *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 12. No.11. PP. 1354. DOI: 10.3390/ani12111354.
10. Lee Y., Lillehoj H.S. Development of a new immunodiagnostic tool for poultry coccidiosis using an antigen-capture sandwich assay based on monoclonal antibodies detecting an immunodominant antigen of *Eimeria* // *Poult Sci.* 2023. Vol. 102. No. 8. PP. 102790. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102790.
11. Li C., Wang L., Zheng S. Editorial: Immunosuppressive disease in poultry // *Front Immunol.* 2023. No. 14. PP. 1215513. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1215513.
12. Lu M., Lee Y., Lillehoj H.S. Evolution of developmental and comparative immunology in poultry: The regulators and the regulated // *Dev Comp Immunol.* 2023. No. 138. PP. 104525. DOI: 10.1016/j.dci.2022.104525.
13. Luzina I.G., Keegan A.D., Heller N.M. et al. Regulation of inflammation by interleukin-4: a review of «alternatives» // *J Leukoc Biol.* 2012. Vol. 92. No. 4. PP. 753–764. DOI: 10.1189/jlb.0412214.
14. Nazar F.N., Estevez I. The immune-neuroendocrine system, a key aspect of poultry welfare and resilience // *Poult Sci.* 2022. Vol. 101. No. 8. PP. 101919. DOI: 10.1016/j.psj.2022.101919.
15. Ng C.T., Fong L.Y., Abdullah M.N.H. (Interferon-gamma (IFN- γ): Reviewing its mechanisms and signaling pathways on the regulation of endothelial barrier function // *Cytokine.* 2023. Vol. 166. No. 1. PP. 156208. DOI: 10.1016/j.cyto.2023.156208.
16. Ouyang W., O'Garra A. IL-10 Family Cytokines IL-10 and IL-22: from Basic Science to Clinical Translation // *Immunity.* 2019. Vol. 50. No. 4. PP. 871–891. DOI: 10.1016/j.immuni.2019.03.020.
17. Pol J.G., Caudana P., Paillet J. et al. Effects of interleukin-2 in immunostimulation and immunosuppression // *J Exp Med.* 2020. Vol. 217. No. 1. PP. e20191247. doi:10.1084/jem.20191247.
18. Ramani T., Auletta C.S., Weinstock D. Cytokines: The Good, the Bad, and the Deadly. *Int. // J. Toxicol.* 2015. Vol. 34. No. 4. PP. 355–365. DOI: 10.1177/1091581815584918.
19. Turner M.D., Nedjai B., Hurst T. et al. Cytokines and chemokines: At the crossroads of cell signalling and inflammatory disease // *Biochim Biophys Acta.* 2014. Vol. 1843. No. 11. PP. 2563–2582. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2014.05.014.
20. Wlażlak S., Pietrzak E., Biesek J. et al. Modulation of the immune system of chickens a key factor in maintaining poultry production-a review // *Poult Sci.* 2023. Vol. 102. No. 8. PP. 102785. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102785.
3. Ahfeethah F., Elazomi A., Kammon A. Effect of humic acid and probiotics on immunity of broiler chickens // *Open Vet J.* 2023. Vol. 13. No. 7. PP. 839–845. DOI: 10.5455/OVJ.2023.v13.i7.5
4. Caput D., Laurent P., Kaghad M. et al. Cloning and characterization of a specific interleukin (IL)-13 binding protein structurally related to the IL-5 receptor alpha chain // *J Biol Chem.* 1996. Vol. 271. No. 28. PP. 16921–16926. DOI: 10.1074/jbc.271.28.16921
5. Colvero L.P., Villarreal L.Y., Torres C.A. et al. Assessing the economic burden of avian infectious bronchitis on poultry farms in Brazil // *Rev Sci Tech.* 2015. Vol. 34. No. 3. PP. 993–999. DOI: 10.20506/rst.34.3.2411
6. Dinarello C.A. Historical insights into cytokines // *Eur J Immunol.* 2007. Vol. 37. No. 1. PP. 34–45. DOI: 10.1002/eji.200737772.
7. Duangnumsaeng Y., Zentek J., Goodarzi Boroojeni F. Development and Functional Properties of Intestinal Mucus Layer in Poultry // *Front Immunol.* 2021. No. 12. PP. 745849. DOI: 10.3389/fimmu.2021.745849
8. Flower D., Timmis J. In *Silico Immunology*. New York: Springer-Verlag, 2007. 450 p.
9. Guarino Amato M., Castellini C. Adaptability Challenges for Organic Broiler Chickens: A Commentar // *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 12. No. 11. PP. 1354. DOI: 10.3390/ani12111354.
10. Lee Y., Lillehoj H.S. Development of a new immunodiagnostic tool for poultry coccidiosis using an antigen-capture sandwich assay based on monoclonal antibodies detecting an immunodominant antigen of *Eimeria* // *Poult Sci.* 2023. Vol. 102. No. 8. PP. 102790. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102790
11. Li C., Wang L., Zheng S. Editorial: Immunosuppressive disease in poultry // *Front Immunol.* 2023. No. 14. PP. 1215513. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1215513
12. Lu M., Lee Y., Lillehoj H.S. Evolution of developmental and comparative immunology in poultry: The regulators and the regulated // *Dev Comp Immunol.* 2023. No. 138. PP. 104525. DOI: 10.1016/j.dci.2022.104525
13. Luzina I.G., Keegan A.D., Heller N.M. et al. Regulation of inflammation by interleukin-4: a review of “alternatives” // *J Leukoc Biol.* 2012. Vol. 92. No. 4. RR. 753–764. DOI: 10.1189/jlb.0412214
14. Nazar F.N., Estevez I. The immune-neuroendocrine system, a key aspect of poultry welfare and resilience // *Poult Sci.* 2022. Vol. 101. No. 8. PP. 101919. DOI: 10.1016/j.psj.2022.101919
15. Ng C.T., Fong L.Y., Abdullah M.N.H. (Interferon-gamma (IFN- γ): Reviewing its mechanisms and signaling pathways on the regulation of endothelial barrier function // *Cytokine.* 2023. Vol. 166. No. 1. PP. 156208. DOI: 10.1016/j.cyto.2023.156208
16. Ouyang W., O'Garra A. IL-10 Family Cytokines IL-10 and IL-22: from Basic Science to Clinical Translation // *Immunity.* 2019. Vol. 50. No. 4. PP. 871–891. DOI: 10.1016/j.immuni.2019.03.020
17. Pol J.G., Caudana P., Paillet J. et al. Effects of interleukin-2 in immunostimulation and immunosuppression // *J Exp Med.* 2020. Vol. 217. No. 1, e20191247. DOI: 10.1084/jem.20191247
18. Ramani T., Auletta C.S., Weinstock D. Cytokines: The Good, the Bad, and the Deadly. *Int. // J. Toxicol.* 2015. Vol. 34. No. 4. PP. 355–365. DOI: 10.1177/1091581815584918
19. Turner M.D., Nedjai B., Hurst T. et al. Cytokines and chemokines: At the crossroads of cell signalling and inflammatory disease // *Biochim Biophys Acta.* 2014. Vol. 1843. No. 11. PP. 2563–2582. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2014.05.014
20. Wlażlak S., Pietrzak E., Biesek J. et al. Modulation of the immune system of chickens a key factor in maintaining poultry production-a review // *Poult Sci.* 2023. Vol. 102. No. 8. PP. 102785. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102785

REFERENCES

1. Klimov V.V. Osnovy immunologii: uchebnoe posobie. Tomsk, Izd-vo: SibGMU, 2017. 169 s. ISBN 978-5-98591-130-5.
2. Reshetnikova L.K. Immunologiya. Blagoveshchensk: Amurskaya gosudarstvennaya medicinskaya akademiya Minzdrava Rossii, 2019. 178 s.

Поступила в редакцию 16.01.2024
Принята к публикации 30.01.2024



Рис. 1. Развитие корневой системы озимой пшеницы
после обработки семян ГКС + 1 БЗ.

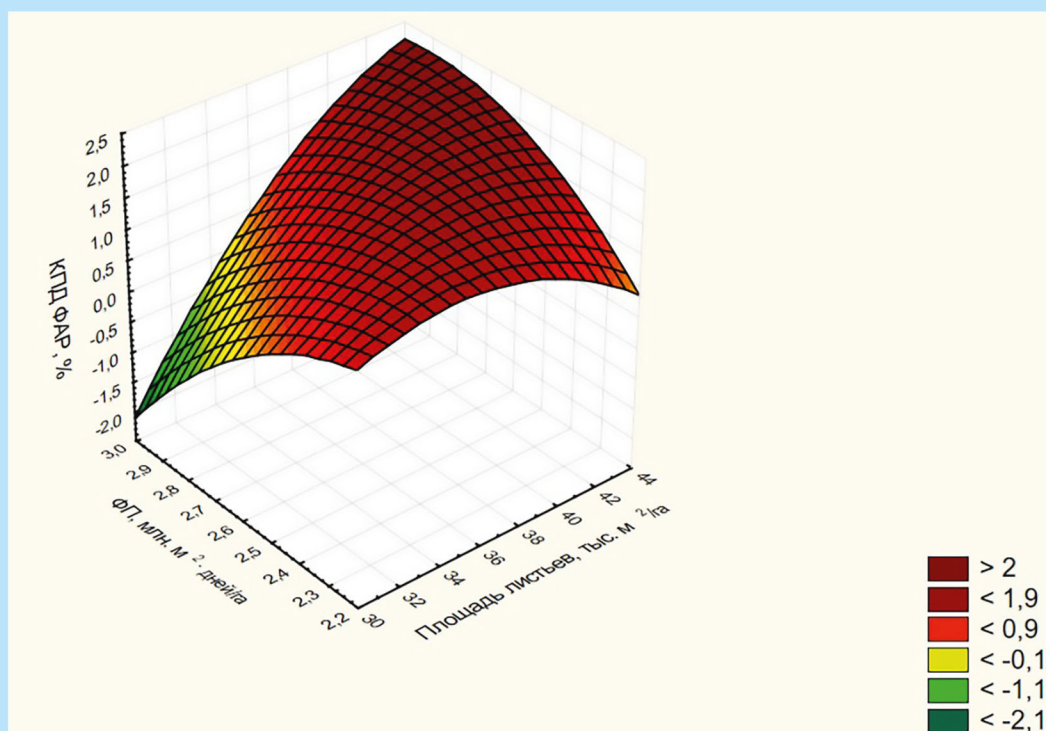


Рис. 2. Влияние площади листьев и ФП на КПД ФАР.