

ISSN 2500-2082

Номер 3

Май–Июнь 2023

Научно–теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



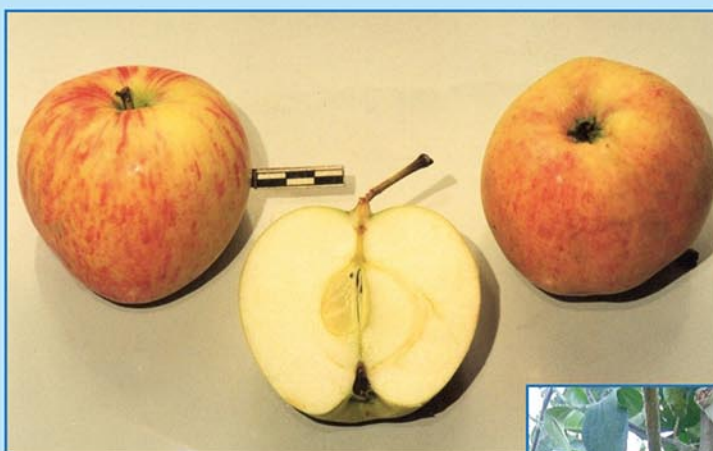
$$Z_m^T(y, h) = P_m W(X_m(y, h))$$

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

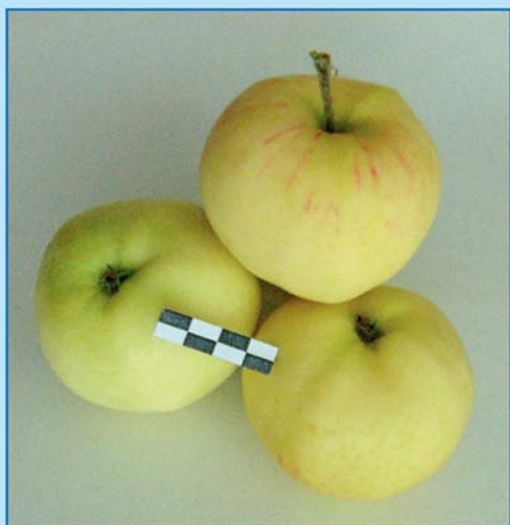
$$P = (m/n) \cdot x \cdot 100\%$$



Августа



Дарёна



Масловское

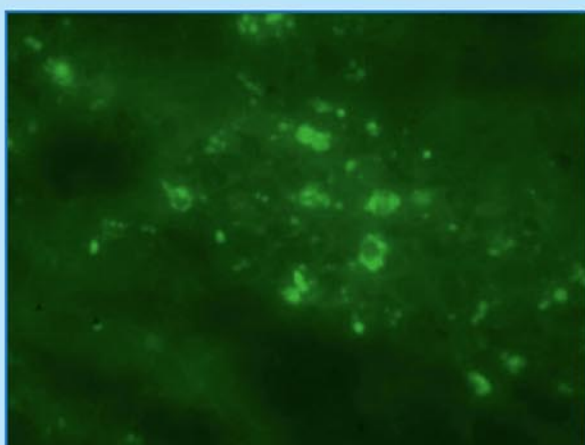


Осиповское

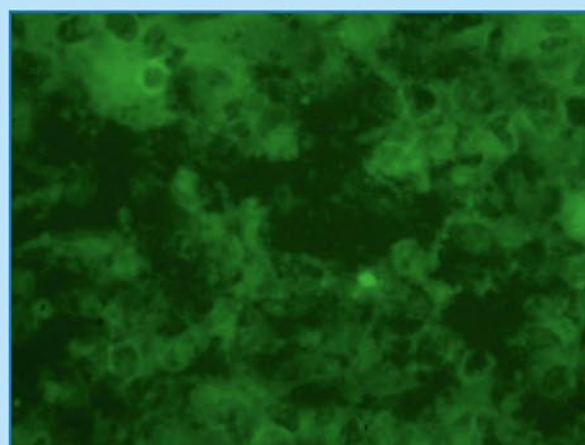


Яблочный Спас

Рисунок к статье Коминой А.К. и др. «Создание гибридационного зонда для диагностики классической чумы свиней методом FISH» (стр. 95)



А



Б

Миндалина свиньи:
А – положительный результат гибридизации *in situ*; Б – отрицательный.
Длина волны флуоресценции – 470 × 630 нм.

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 3 ————— Май-Июнь ————— 2023
May-June

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

© Российская академия наук, 2023
© «Вестник российской сельскохозяйственной науки», 2023

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 «Шелково 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)
член-корреспондент РАН

Багиров В.А. (Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР – С.Л. Сенина

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

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

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

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** Асеева Т.А., Синеговский М.О. / Aseeva T.A., Sinegovsky M.O.
Современное состояние отрасли растениеводства Хабаровского края / Current situation of crop production branch of Khabarovskiy kray
- 7** Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А. и др. / Fomenko M.A., Grabovets A.I., Oleynikova T.A. et al.
Модель сорта озимой мягкой пшеницы для условий степной зоны / Model of winter soft wheat variety for steppe condition zone
- 13** Зенкина К.В., Асеева Т.А. / Zenkina K.V., Aseeva T.A.
Продуктивность пшеницы и тритикале яровых форм в зоне рискованного земледелия / Spring wheat and triticale varieties productivity in risk farming area
- 16** Шихмуратов А.З. / Shikhmuradov A.Z.
Источники селекционно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях Южного Дагестана / Sources of selective -valuable traits of spring soft wheat in South Dagestan conditions
- 19** Дубина Е.В., Лесняк С.А., Гаркуша С.В. и др. / Dubina E.V., Lesnyak S.A., Garkusha S.V. et al.
Создание с помощью ДНК-маркеров новых генотипов риса, толерантных к длительному затоплению водой / Creation of new rice genotypes tolerant to long-term water flooding using DNA markers
- 24** Ханиева И.М., Шибзухов З.-Г.С., Кашукоев М.В. и др. / Khanieva I.M., Shibzukhov Z.-G.S., Kashukoev M.V. et al.
Эффективность применения баковых смесей для защиты сахарной кукурузы от вредителей / Efficiency of tank mixes usage to protect sweet corn from pests
- 28** Евстратова Л.П., Кондратюк Е.А. / Evstratova L.P., Kondratyuk E.A.
Экономическая и энергетическая эффективность многолетних агрофитоценозов с участием топинамбура в условиях Карелии / Economic and energy efficiency of perennial agrophytocenoses with the Jerusalem artichoke participation in the Karelia conditions
- 32** Гайнатулина В.В., Хасбиуллин Р.А., Хасбиуллина О.И. / Gainatulina V.V., Khasbiullin R.A., Khasbiullina O.I.
Влияние приемов посадки и ухода на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество картофеля сортов камчатской селекции / Influence of planting and maintenance practices on the soil's agrophysical properties, yield and quality of potato varieties of Kamchatka breeding
- 37** Кулякина Н.В., Юречко Т.К., Кузьмицкая Г.А. / Kulyukina N.V., Yurechko T.K., Kuzmitskaya G.A.
Оценка урожайности огурца открытого грунта по параметрам адаптивности в условиях Среднего Приамурья / Evaluation of the productivity of open ground cucumbers according to the adaptability parameters in the Middle Amur Region conditions
- 43** Янчук Т.В., Седов Е.Н., Корнеева С.А., Вепринцева М.В. / Yanchuck T.V., Sedov E.N., Korneeva S.A., Veprintseva M.V.
Папировка тетраплоидная – ценный источник для создания летних триплоидных сортов яблони / *Papirovka tetraploid* is a source for summer triploid apple trees creation
- 46** Кулешов А.С., Кулян Р.В., Белоус О.Г. / Kuleshov A.S., Kulyan R.V., Belous O.G.
Оценка механического и биохимического состава плодов редких таксонов цитрусовых в условиях влажных субтропиков России / Evaluation of the mechanical and biochemical composition of rare citrus taxa fruits in the Russia's humid subtropics

53 Раченко М.А., Раченко А.М., Киселева Е.Н. / Rachenko M.A., Rachenko A.M., Kiseleva E.N.
Полевые и лабораторные испытания клоновых подвоев в Южном Предбайкалье / Field and laboratory investigations of clonal rootstocks in South Cisbaikal

58 Киселева Г.К., Ильина И.А., Запорожец Н.М. и др. / Kiseleva G.K., Ilyina I.A., Zaporozhets N.M. et al.
Адаптивные перестройки метаболизма винограда в зимний период / Adaptive restructuring of grape metabolism in winter period

● ЗЕМЛЕДЕЛИЕ/ FARMING

63 Митрофанов Ю.И., Гуляев М.В., Первушина Н.К. / Mitrofanov Yu.I., Gulyaev M.V., Pervushina N.K.
Влияние приемов агромелиорации и дренажа на продуктивность полевых культур / Influence of agromelioration and drainage methods on the field crops productivity

70 Замятин С.А., Свечников А.К. / Zamyatin S.A., Svechnikov A.K.
Влияние культур севооборотов на плотность почвы / Influence of crop rotations on soil density

● ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

76 Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Анисимова Е.Ю. и др. / Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Anisimova E.Yu. et al.
Повышение продуктивного потенциала породных ресурсов крупного и мелкого рогатого скота Юга России на основе современных методов селекции / Increasing the productive potential of large and small cattle breed resources in the South of Russia based on modern breeding methods

83 Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. / Dmitrieva V.I., Koltsov D.N., Gontov M.E.
Генетический мониторинг стада крупного рогатого скота *сычевской* породы / Genetic monitoring cattle a herd of the *Sychev* breed

89 Белоусова Н.Ф., Басс С.П., Сорокин С.И., Гуляева А.Н. / Belousova N.F., Bass S.P., Sorokin S.I., Gulyaeva A.N.
Оценка генетических маркеров при анализе встречаемости мастей и отметин у лошадей *вятской* породы / Evaluation of genetic markers in the analysis of the colors and marks occurrence in the *Vyatka* breed horses

95 Комина А.К., Стаффорд В.В., Гулюкин А.М. / Komina A.K., Stafford V.V., Gulyukin A.M.
Создание гибридизационного зонда для диагностики классической чумы свиней методом FISH / Creation of a hybridization probe for the diagnosis of classical swine fever by the FISH method

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

98 Раднаев Д.Н., Цыбиков Б.Б., Бадмацыренов Д.-Ц.Б. / Radnaev D.N., Tsybikov B.B., Badmatsyrenov D.- Ts.B.
Исследование комбинированного посевного рабочего органа / Research of the combined sowing working body

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 05.06.2023. Дата выхода в свет 15.06.2023. Формат 60×88 1/8.
Усл. печ. л. 12,71. Уч.-изд. л. 13. Заказ № 22. Тираж 21 экз. Бесплатно.

Учредитель: Российская академия наук

16+

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14
Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-130-22 ООО "Объединенная редакция",
109028, г. Москва, Подкопаевский пер., д. 5, каб. 6
Отпечатано ИП Ерхова И.М.
125267, Москва, Ленинградский пр-т, 47, тел. 8 495 799-48-85

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Татьяна Александровна Асеева, *член-корреспондент РАН*

Михаил Олегович Синеговский, *кандидат экономических наук, старший научный сотрудник
ФГБУН Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
с. Восточное, Хабаровский край, Россия*
E-mail: sinmikhail@gmail.com

Аннотация. В работе проанализировано современное состояние растениеводства и основных сельскохозяйственных культур Хабаровского края, рассмотрены сложившиеся тенденции и закономерности развития. Выявлено, что доля продукции сельского хозяйства края в валовом региональном продукте находится на уровне 2%, при этом половину вклада вносит растениеводство с объемом производства 9,48 млрд руб./год. Площади пашни Хабаровского края за 2017–2021 годы варьировали от 68,6 до 55,4 тыс. га. Основная сельскохозяйственная культура по занимаемой площади – соя. Ее урожайность в крае выросла за последние пять лет на 35% (1,55 т/га в 2021 году). Под ее посевами занято ежегодно свыше половины всей площади региона. В статье приведен уровень технической оснащенности сельского хозяйства края и темпы его повышения, свидетельствующие о росте обновления машинно-тракторного парка.

Ключевые слова: Хабаровский край, растениеводство, соя, сельское хозяйство

CURRENT SITUATION OF CROP PRODUCTION BRANCH OF KHABAROVSKIY KRAY

T.A. Aseeva, *Corresponding Member of the RAS*

M.O. Sinegovsky, *PhD in Economic Sciences, Senior Researcher*
Federal State Budgetary Institution of Science Khabarovsk Federal Research Center
of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute,
Vostochnoye village, Khabarovsk Territory, Russia
E-mail: sinmikhail@gmail.com

Abstract. The paper analyzes the level and current state of crop production and the main agricultural crops of the Khabarovsk Territory, considers the current trends and patterns of development. It has been revealed that the share of agricultural products of the region in the gross regional product is at the level of 2%, while half of the contribution to the region's agriculture is made by crop production with a production volume of 9.48 billion rubles per year. Arable land area of the Khabarovsk Territory for the period 2017–2021 varied from 68.6 thousand ha to 55.4 thousand ha. Soybean can be considered the main agricultural crop of the region in terms of area. The soybean yield in the region has increased by 35% over the past 5 years and amounted to 1.55 t/ha in 2021. Under its crops, more than half of the total area of the region is occupied annually. Also, the article shows the state of technical equipment of the agriculture of the region and the pace of its renewal, indicating a positive pace of renewal of the machine and tractor fleet of the Khabarovsk Territory.

Keywords: Khabarovsk Territory, crop production, soybeans, agriculture

Одна из важнейших отраслей современного агропромышленного комплекса – растениеводство. От его эффективности зависит и успех других направлений (животноводство, переработка пищевой продукции), так как оно оснащает кормовую и сырьевую базу, обеспечивает жителей необходимыми продуктами питания.

Территория Хабаровского края, как и все другие регионы на Дальнем Востоке, относится к зоне рискованного земледелия. Климатические условия значительно меняются при движении с севера на юг, зависят от рельефа местности и близости к морю.

Южные районы Дальнего Востока находятся в зоне муссонного климата с крайне неравномерным распределением основных агроклиматических факторов, в первую очередь, осадков в течение года. За вегетацию выпадает 60...70% годовой нормы осадков. В Хабаровском крае их больше всего в августе (поля переувлажняются, потери урожая могут достигать 50%, в отдельные годы на бессточных равнинах – 100%). Почти ежегодно бывают

засушливые периоды, резкие переходы от избытка влаги к ее недостатку, когда верхние слои почвы пересыхают. [4]

Отрасль растениеводства активно развивается в южных районах края (Бикинский, Вяземский, имени Лазо и Хабаровский), а также в пригородах Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре. В центральной части края растениеводческие посевы носят очаговый характер, северной (суровые природные условия) – только в личных подсобных хозяйствах. [1] Основные, возделываемые на всей территории края, культуры – картофель и овощи, в южных районах помимо этих культур выращивают зерновые и сою.

По уровню валового внутреннего продукта в Российской Федерации Хабаровский край занимает 30 место, уступая Республике Якутия, Приморскому краю и Сахалинской области. При этом в структуре ВРП края доля сельского хозяйства мала и насчитывает 18,17 млрд руб. (2,1%). Половину вклада в сельское хозяйство региона

вносит растениеводство с объемом производства – 9,48 млрд руб./год (табл. 1).

С 2021 года сумма произведенной за год продукции растениеводства относительно 2016 года увеличилась на 38%, а в целом сельского хозяйства на 14,7%. При этом всего валовый региональный продукт Хабаровского края за тот же период возрос на 28%.

Такая структура объясняется более развитыми отраслями экономической деятельности Хабаровского края, как например, добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, торговля и другие. Растениеводство играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности.

Соя – главная высокорентабельная культура края и всего Дальневосточного региона, ее посеы преобладают в севообороте всех хозяйств. Нарращивание производства ее зерна происходит из-за увеличения посевных площадей и повышения урожайности. [3] Требуется соблюдать научно обоснованные севообороты для поддержания урожайности и благоприятной фитосанитарной обстановки на полях. Соя в Хабаровском крае занимает 30,0 тыс. га (2021 год), что больше половины всей посевной площади (табл. 2).

Суммарно посевная площадь в крае возросла до 80,7 тыс. га (2018 год), но к 2021 сократилась до 55,4 тыс. га. В начале 2000-х годов под пашню отводили около 100 тыс. га, к настоящему времени произошло краткое сокращение. [2]

Хабаровский край вносит вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны продуктами, включенными в потребительскую корзину согласно Постановлению Правительства России: производит 87 тыс. т картофеля, что составляет более 10% в ДВФО, а также 14% овощей открытого и закрытого грунта (табл. 3).

Сорт эффективно реализует свои потенциальные возможности при определенных агротехнических условиях возделывания. Дальневосточный НИИ сельского хозяйства имеет по шесть сортов сои и зерновых культур местной селекции с высоким потенциалом биологической урожайности, устойчивостью к региональным вредителям и болезням. Лидирующее место среди сортов сои занимает *Батя*, под его посевами на Дальнем Востоке занято 51,7 тыс. га.

Соя – экспортоориентированная культура, преимущественно продажи направлены в Китай. В 2019 году сои было экспортировано с территории Хабаровского края 26,4 тыс. т на сумму в 7,7 млн долл., в 2021 – 83,2 (25,2 млн долл.). Всего с территории Дальневосточного федерального округа в 2021 году вывезено 680,1 тыс. т соевых бобов и у региона есть огромный потенциал к увеличению объемов поставок (табл. 4).

Для роста эффективности функционирования отрасли растениеводства, кроме использования современных научных разработок, необходимо переоснащение техники (комбайны, трактора). На 1 тыс. га пашни в крае приходится 6 тракторов и 20 зерноуборочных комбайнов, что намного выше относительно показателя по Дальнему Востоку (2,6 и 8,0) и в целом по России (2,8 и 2,0) (табл. 5).

Таблица 1.

Структура валового внутреннего продукта Хабаровского края, млрд руб.

Показатель	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Всего ВРП	672,66	697,95	761,59	805,22	861,23	н/д
Сельское и лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	40,84	42,99	45,84	46,35	59,67	н/д
Сельское хозяйство	16,35	16,70	17,10	14,59	18,17	18,76
Растениеводство	7,87	8,95	9,60	6,96	9,48	10,90

Таблица 2.

Посевные площади сельскохозяйственных культур Хабаровского края, тыс. га

Показатель	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Вся посевная площадь	68,6	75,5	80,7	72,0	65,8	55,4
Картофель	7,8	7,3	7,4	7,4	7,0	6,9
Кукуруза на зерно	0,7	1,1	0,6	0,5	1,1	1,4
Кукуруза на силос, зеленый корм и сенаж	4,2	3,5	2,5	2,8	2,2	1,8
Овес	5,1	4,8	5,0	4,4	4,1	3,8
Овощи открытого грунта	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,4
Пшеница яровая	1,9	1,9	3,8	1,8	2,6	1,8
Соя	25,3	33,5	44,1	40,0	35,8	30,0
Ячмень яровой	1,1	0,6	0,7	2,1	1,7	0,8
Другие культуры	19,7	20,2	14,0	10,4	8,8	6,7

Таблица 3.

Валовой сбор сельскохозяйственных культур Хабаровского края, тыс. т

Показатель	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Картофель	99,9	111,1	117,8	68,7	84,9	87,6
Кукуруза на зерно	2,0	3,2	2,2	1,5	3,0	3,7
Кукуруза на силос, зеленый корм и сенаж (вес зеленой массы)	41,0	43,7	33,2	30,3	25,4	29,6
Овес	5,9	8,6	9,8	3,6	7,0	7,0
Овощи открытого и закрытого грунта	45,0	48,4	47,8	35,5	36,8	47,1
Пшеница яровая	2,2	3,5	5,9	2,1	5,0	3,3
Соя	27,1	46,0	62,8	33,3	36,6	42,7
Ячмень яровой	1,3	1,2	1,1	2,1	1,6	1,2

Таблица 4.

Экспорт сои из Дальневосточного федерального округа в Китай

Субъект	Год					
	2019		2020		2021	
	тыс. т	млн долл.	тыс. т	млн долл.	тыс. т	млн долл.
Амурская область	321,3	102,6	386,5	134,0	142,6	65,2
Еврейская автономная область	99,9	25,0	47,8	13,0	10,2	4,0
Приморский край	251,3	71,71	289,1	94,1	444,2	157,9
Хабаровский край	26,4	7,67	21,2	5,9	83,2	25,2

Таблица 5.

Обеспеченность техникой в Хабаровском крае

Показатель	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Тракторы на 1000 га пашни, шт.	6,3	6,2	6,2	6,3	5,9	5,6
Комбайны на 1000 га посевов, шт.						
зерноуборочные	13	15	15	23	25	21
картофелеуборочные	28	44	40	50	54	59

Таблица 6.

Приобретение новой техники в Хабаровском крае

Показатель	Год					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Тракторы	6	17		45	12	13
Зерноуборочные комбайны	3	4	14	4	14	4
Культиваторы	–	–	–	–	2	5
Машины для посева	–	–	–	–	6	2
Плуги	4	–	–			–
Посевные комплексы					1	1
Сеялки	4	11	5	7	5	1

В Хабаровском крае неплохие темпы обновления технической базы, особенно при наличии сравнительно небольших посевных площадей в регионе (табл. 6).

Выводы. Современное растениеводство Хабаровского края базируется в первую очередь на производстве картофеля и сои, при этом соя вносит вклад в валовый региональный продукт и во внешнеторговый оборот. Потенциал имеют и зерновые культуры, отлично подходящие для чередования в своем севообороте.

Подводя итоги проведенного анализа, следует отметить, что в регионе есть все ресурсы для динамичного и эффективного развития растениеводства. Научно-методическая база, отечественные райо-

нированные высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур позволяют лучше решать проблему обеспечения населения продовольствием собственного производства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеева Т.А. и др. Зональная система земледелия Хабаровского края: Производственно-практический справочник. Хабаровск, 2017. 212 с.
2. Ким Л.В., Вдовенко А.В., Назарова А.А. Современное состояние и перспективы производства продукции растениеводства в Хабаровском крае // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 1(41). С. 104–113.
3. Синеговская В.Т. Научное обеспечение эффективного развития селекции и семеноводства сои на Дальнем Востоке // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т. 25. № 4. 2021. С. 374–380. DOI: 10.18699/VJ21.040.
4. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Районирование Дальнего Востока для оценки перспектив развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 61–65. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_61.

REFERENCES

1. Aseeva T.A. i dr. Zonal'naya sistema zemledeliya Habarovskogo kraja: Proizvodstvenno-prakticheskij spravochnik. Habarovsk, 2017. 212 s.
2. Kim L.V., Vdovenko A.V., Nazarova A.A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy proizvodstva produktsii rastenievodstva v Habarovskom krae // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2017. № 1(41). S. 104–113.
3. Sinegovskaya V.T. Nauchnoe obespechenie effektivnogo razvitiya selektsii i semenovodstva soi na Dal'nem Vostoke // Vavilovskij zhurnal genetiki i selektsii. T. 25. № 4. 2021. S. 374–380. DOI: 10.18699/VJ21.040.
4. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Rajonirovanie Dal'nego Vostoka dlya ocenki perspektiv razvitiya sel'skogo hozyajstva // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36. № 4. S. 61–65. doi: 10.53859/02352451_2022_36_4_61.

Поступила в редакцию 27.02.2023

Принята к публикации 13.03.2023

МОДЕЛЬ СОРТА ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Марина Анатольевна Фоменко, доктор сельскохозяйственных наук

Анатолий Иванович Грабовец, член-корреспондент РАН

Татьяна Александровна Олейникова, научный сотрудник

Елена Анатольевна Бабровская, младший научный сотрудник

Евгений Викторович Черноусов, научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская область, Россия

E-mail: grabovets_ai@mail.ru

Аннотация. В связи с усилением аридизации среды в основных сельскохозяйственных зонах Дона уточнены параметры модели сортов озимой мягкой пшеницы интенсивного и полунтенсивного типов. Потенциальная продуктивность пшеницы интенсивного типа на высоком агрофоне составляет 9,0–10,5 т/га зерна, что обусловлено продуктивным стеблестоем – 660–800 колосьев/м². У сортов полунтенсивного типа на среднем агрофоне величины этих показателей соответственно равны 7,0–7,5 т/га и 580–620 колосьев/м². Продуктивность колоса должна быть 1,2–1,5 и 1,1–1,2 г и с долей зерна в ценозе 40–45 и 36–38% соответственно. При различной напряженности стресс-факторов выявлены особенности формирования агроэко типов новых сортов. Критерием при отборе засухоустойчивых продуктивных форм служило выделение генотипов с высоким индексом урожая, увеличенной массой зерна с растения и колоса. Рост урожайности полкарликовых и среднерослых сортов пшеницы характеризуется увеличением емкости ценоза. В результате использования новых параметров модели интенсивных и полунтенсивных генотипов созданы и включены в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2019–2022 годах сорта озимой мягкой пшеницы Донмира, Акапелла, Богема, Былина Дона и Пальмира 18, разработанные для Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского, Нижневолжского, Средневолжского и Уральского регионов РФ. Данные сорта по комплексу селекционно ценных признаков хорошо адаптированы для засушливых регионов.

Ключевые слова: аридизация среды, селекция, озимая пшеница, модель сорта

MODEL OF WINTER SOFT WHEAT VARIETY FOR STEPPE CONDITION ZONE

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

A.I. Grabovets, *Corresponding Member of the RAS*

T.A. Oleynikova, *Researcher*

E.A. Babrovskaya, *Junior Researcher*

E.V. Chernousov, *Researcher*

Federal Rostov Agricultural Research Center, Rostov Region, Russia

E-mail: grabovets_ai@mail.ru

Abstract. Due to the increased aridization of the environment in the main agricultural zones of the Don, the parameters of the model of winter soft wheat varieties of intensive and semi-intensive types have been clarified. At the present stage, the potential productivity of intensive wheat at a high agrophone is 9,0–10,5 t/ha of grain, which is due to the productive stem of 660–800 ears/m². In semi-intensive varieties on the average agrophone, the values of these indicators are respectively 7,0–7,5 t/ha and 580–620 ears/m². The productivity of the ear, respectively, should be 1,2–1,5 g and 1,1–1,2 g and with a grain share in the cenois of 40–45% and 36–38%, respectively. With different stress factors, the peculiarities of the formation of agroecotypes of new varieties were revealed. The selection criterion for drought-resistant productive forms was the selection of genotypes with a high yield index. However, the main trend related to productivity and adaptability in drought conditions is the creation of new genotypes with increased grain weight from the plant and from the ear. This is the most objective integrated assessment of their drought resistance. The progress in the yield growth of semi-dwarf and medium-sized wheat varieties is also due to an increase in the capacity of cenois. as a result of the use of new parameters of the model of intensive and high-intensity genotypes, varieties of winter soft wheat Donmira, Akapella, Bogema, Bylina Dona i Pal'mira 18, Kuryanochka 19, Pafos, developed for the Central Chernozem, North Caucasus, Lower Volga, Middle Volga and Ural regions, were created and included in the State Register of Breeding Achievements in 2019–2022. These varieties are well adapted for arid regions according to the complex of breeding and valuable traits.

Keywords: aridization of the environment, breeding, winter wheat, variety model

В Российской Федерации до 70% посевных площадей зерновых культур расположены в зонах недостаточного водообеспечения, которые характеризуются высокими темпами роста среднегодовой температуры. [7] При совпадении процессов аридизации среды и деградации почв сельскохозяйственного назначения прогнозируется снижение урожайности культур до 27%. [6] Селекционные исследования направлены на повышение адаптационных сортов к разнообразным погодноклиматическим

условиям с сохранением высокой продуктивности и качества продукции. [5, 8, 11, 12, 14]

Понятие «идеальный сорт», как сорта будущего было предложено Н.И. Вавиловым. [3] На Юге и Юго-Востоке России урожайность зерна зависит от числа зерен в колосе, массы зерна колоса и массы 1000 зерен. [9] Рост урожайности в условиях Среднего Поволжья селекционеры связывают с увеличением массы зерна с колоса, $K_{\text{хоз}}$, сокращением вегетационного периода. [13] Для оптимальных

условий Краснодарского края прогресс в урожайность вносит продуктивность колоса и выход зерна с ценоза. [1]

Цель работы – анализ имеющихся сортов и прогноз выявления их измененных параметров, адекватных нарастанию аридности климата степной зоны Дона, для стабилизации роста продуктивного и адаптационного потенциала создаваемых генотипов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в степной зоне Ростовской области в Федеральном Ростовском аграрном научном центре (2008–2022 годы). Посев проводили в селекционном севообороте согласно ротации. Агротехника возделывания общепринятая для региона. Предшественник – черный пар, норма высева – 4,0 млн шт./га. Площадь делянки – 25 м², повторность – трехкратная, размещение – систематическое.

Почва опытного участка – чернозем южный карбонатный с мощностью гумусового горизонта 30...40 см. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 3,6%, легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой, ГОСТ Р 54650-2011) – 70 мг/кг почвы, общего азота (ГОСТ Р 58596-2019) – 44, подвижного фосфора (ГОСТ 26204-91) – 23, обменного калия (ГОСТ 26210-91) – 350 мг/кг. Величина рН в гумусовом горизонте – 7,8...8,0 (ГОСТ 26483-85).

Тренд потепления на территории региона проявляется все сильнее. Среднегодовая температура воздуха за пятнадцатилетний период исследований возросла с 9,68 до 11,64°С (норма 6,96°С).

Засушливость проявляется как в период посева (2013, 2015, 2021 годы), так и в фазы активной вегетации растений (весь срок наблюдений). Благоприятными для развития и формирования урожая озимых были 2016–2019 годы, ГТК – 0,62...1,0. Часто выпадали аномальные осадки в виде ливней со шквалистым ветром во время фазы созревания зерна (2008, 2010, 2013–2021).

Зимостойкость и морозостойкость для озимой пшеницы актуальны, так как изменчивость погодно-климатических условий усиливается. [10] Увеличилось количество заморозков при активной вегетации растений в апреле–мае (2009, 2010, 2014, 2020). Температура воздуха понижалась в 2016 году до минус 29°С, 2017 – минус 23°С, 2022 – минус 21°С, часто без снежного покрова. Морозные периоды сменялись оттепелями, образовывались притертые ледяные корки (2003, 2006).

Объект исследований – гибриды, популяции, линии и сорта селекции ФРАНЦ. Исходный материал получали при помощи внутри- и межвидовой гибридизации (до 320 комбинаций). Селекцию вели общепринятыми способами. Ежегодно изучали до 45 тыс. генотипов. Закладку селекционного питомника проводили необмолоченными колосьями, морозостойкость образцов озимых определяли Донским методом с использованием камеры низких температур (t – минус 18°С, экспозиция – 20 ч). [4]

Полевые опыты и наблюдения осуществляли по Методике Государственной комиссии по сортоиспытанию (1971, 1989) и Методическим указаниям Мировой коллекции ВИР (1977).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для степной зоны Ростовской области впервые параметры модели сорта озимой пшеницы были сформулированы более 40 лет назад. Из-за разнообразия почвенно-экологических и экономических условий идиотип сортов был представлен интенсивными и полуинтенсивными формами для различных уровней плодородия почвы. [14]

При нарастании аридности среды в южных регионах России ранее разработанные параметры моделей сортов начали меняться, что вызвало необходимость их уточнения, особенно для усиления адаптивных свойств создаваемых генотипов. Изучение взаимосвязи между урожайностью и элементами ее структуры позволило выявить степень их сопряженности как на генотипическом уровне, так и в зависимости от условий усиления засушливости климата. При этом необходимо было определить пути увеличения и стабилизации урожайности в процессе селекции, не нарушая сложившееся сочетание признаков.

Для изучения последствий усиления аридности среды для вегетации и селекции озимой пшеницы был использован экспериментальный материал по биометрии и структуре урожая генотипов конкурсных испытаний (320 сортов) за 2008–2022 годы (табл. 1).

Исследование фенотипической корреляции между урожайностью зерна и слагающими его элементами выявило разнообразие их взаимосвязей: от достоверно отрицательной $r = -0,21$ (продуктивный стеблестой, 2018) до существенной $r = 0,82$ (число зерен в колосе, 2014). Для исключения влияния модификационной изменчивости признаков рассчитали генотипические (r_g) и экологические (r_e) коэффициенты корреляции. Были установлены высокие генотипические коэффициенты корреляции между урожайностью и массой зерна с растения и колоса, индексом урожая (0,76, 0,73 и 0,70 соответственно). Экологические корреляции между этими признаками были средне положительные (0,41, 0,38, 0,32 соответственно), средне зависимые от погодных условий.

Таблица 1.
Фенотипические (r_{ph}), генотипические (r_g) и экологические (r_e) сопряженности урожайности озимой мягкой пшеницы с элементами ее структуры, 2008–2022 годы

Признак	r_{ph} (min...max)	r_g	r_e
Число растений/м ²	-0,01...0,54*	0,04	0,16*
Число продуктивных стеблей/м ²	-0,21*...0,68*	0,23*	0,26*
Продуктивная кустистость, шт.	-0,49*...0,29*	0,16*	0,12*
Масса зерна с растения, г	0,13...0,59*	0,76*	0,41*
Масса зерна с колоса, г	0,19*...0,69*	0,73*	0,38*
Масса 1000 зерен, г	-0,56*...0,46	0,60*	0,17*
Число зерен в колосе, шт.	-0,09...0,82*	0,41*	0,22*
Надземная биомасса, г	-0,49*...0,69*	0,52*	0,20*
Индекс, %	-0,06...0,72	0,70*	0,32*
Высота растения, см	-0,18*...0,47*	0,82*	0,54*
Длина колоса, см	-0,48*...0,52*	-0,22*	-0,18*
Емкость ценоза, шт. зерен /м ²	0,24*...0,86*	0,78*	0,66*

Примечание. * – существенно при $P = 0,05$.

Засушливый климат стал причиной мировой тенденции уменьшения высоты соломины. Однако корреляционный анализ выявил высокую генотипическую связь урожайности с высотой соломины ($r_g = 0,82$), которая средне зависит от условий года ($r_e = 0,54$). Поэтому при засухе в первую очередь интересна проблема стабилизации массы надземных органов с единицы площади. За время вегетации коэффициент детерминации между надземной биомассой и урожаем зерна был значителен ($R^2 = 0,94$) (рис. 1). У данной пары признаков установлена значимая генотипическая взаимосвязь ($r_g = 0,52$) при незначительной модификационной изменчивости ($r_e = 0,20$).

Проблему можно решить путем создания плотных стеблестоев, обуславливающих оптимальное депонирование продуктов фотосинтеза, усиления эффективности работы листьев (увеличение отношения урожая зерна к фотосинтетическому потенциалу), улучшения коэффициента водопотребления при синтезе единицы сухого вещества, оптимизации коэффициента транспирации, горизонтального расположения листьев в пространстве. Индекс урожая – результативный фоновый признак при селекции на урожайность.

Тесная сопряженность также была выявлена между урожаем и массой зерна с растения и колоса ($r_g = 0,65$ и $0,78$ соответственно). Поэтому при отборе интенсивных генотипов в качестве маркерного признака использовали массу зерна с колоса, которая сопряжена с озерненностью колоса, индексом урожая ($r_g = 0,83$ и $0,78$ соответственно), при создании генотипов полуинтенсивного типа – массу зерна с растения. Данный признак отбора больше взаимосвязан с биомассой ($r_g = 0,49$), индексом урожая ($r_g = 0,65$) и высотой соломины ($r_g = 0,78$).

Исследования в лимитированных условиях среды направлены на увеличение генеративной части растений. Прирост урожая возможен при усилении выраженности признака надземной массы растений и емкости ценоза, который связан с числом зерен в колосе и числом продуктивных стеблей/м². В конечном итоге вклад массы зерна с колоса в урожай будет превалировать. Однако в засушливых условиях на среднем агрофоне не менее важна масса зерна с растения.

По результатам анализа взаимосвязи урожайности с единицы площади и элементами его структуры, сравнивая с предыдущим этапом исследований, выявлено повышение влияния густоты продуктивного стеблестоя, озерненности колоса, массы 1000 зерен, массы зерна с колоса и растения, индекса урожая (рис. 2).

Уточненные параметры модельных генотипов для разных уровней земледелия в степной зоне Ростовской области начали использовать с учетом маркерных признаков. Прогноз на основе регрессионного анализа показал возможность формирования на высоком агрофоне потенциальной продуктивности зерна – 9,0...10,0 т/га, для этого необходимо формировать стеблестой – 600...800 колосьев/м², для полуинтенсивных сортов на среднем агрофоне соответственно – 7,0...7,5 т/га и 580...620 колосьев/м², продуктивность колоса (масса зерна) – 1,2...1,5 и 1,1...1,2 г соответственно (табл. 2).

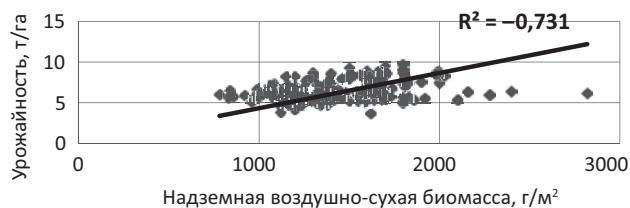


Рис. 1. Прогноз развития признака «надземная биомасса» с единицы площади.



Рис. 2. Взаимосвязь урожайности с элементами ее структуры при ретроспективном анализе, 1995–2007, 2008–2022 годы.

Параметры модели сорта были подтверждены исследованиями в 2016 году (ГТК = 0,62, засуха умеренная). На высоком агрофоне урожайность по сортам в конкурсном испытании варьировала в пределах 8,63...10,1 т/га ($НСР_{0,5} = 0,56$ т/га), на среднем агрофоне – 7,7...8,38 т/га соответственно ($НСР_{0,5} = 0,42$ т/га).

В степной зоне Ростовской области при селекции на жаро-, засухоустойчивость суммарный и наиболее объективный критерий оценки пшеницы – масса зерна с единицы площади и растения, который взаимосвязан с косвенными признаками засухоустойчивости: динамикой выраженности признака массы 1000 зерен по годам, длительностью фаз вегетационного периода, продолжительностью жизнедеятельности работы листьев, особенно флагового листа, архитектоникой растений.

В условиях засушливого климата продолжительность вегетационного периода тесно взаимосвязана с продуктивностью. За вегетационный период в 2016, 2017 годах длительностью 200...223 дня озимые сформировали урожайность 8,3...9,3 т/га. Сокращение периода вегетации (позднее возобновление) в 2018, 2019 годах на 54 дня привело к уменьшению продуктивности до 5...6 т/га. Наиболее высокие сопряженности установлены между урожайностью и межфазными периодами: начало возобновления вегетации – выход в трубку, колошение – созревание ($r = 0,79 \pm 0,05$, $r = 0,88 \pm 0,02$). Длительность фазы созревания зерновки (колошение – спелость) положительно сопряжена с накоплением белка и клейковины в зерне ($r = 0,78 \pm 0,06$).

О степени засухоустойчивости генотипов может свидетельствовать коэффициент водопотребления растениями за вегетацию. Сортам *Пальмира 18*, *Мирабель 20* для формирования 7,42...7,54 т/га необходимо 618...627 м³/т воды, для 7,8...8,1 т/га у новых интенсивных низкорослых

Параметры модели сортов озимой пшеницы для разного уровня плодородия

Признак	Параметры модели сорта	
	интенсивного типа	полуинтенсивного типа
Потенциал урожайности, т/га	9...10	7...7,5
Выход зерна, %	40...45	36...38
Высота растения, см	70...90	90...110
Длина колоса, см	8...9	7...8
Масса зерна растения, г	2,9...4,0	2,0...3,0
Масса зерна колоса, г	1,2...1,5	1,1...1,2
Продуктивная кустистость, число колосьев/растение	2,2...3,5	1,8...2,5
Масса 1000 зерен, г	34...36	36...38
Число колосьев, шт/м ²	660...800	580...620
Засухоустойчивость, балл	5	5
Зимостойкость, балл	5	5
Сохранность растений при промораживании в КНТ при t°= минус 19°С, не ниже, %	75	75
Критическая температура промерзания на узле кущения, °С	Минус 19...минус 20	Минус 19...минус 20
Число дней залегания ледяной корки, которые выдерживают растения с жизнеспособностью 75%, дн.	45...60	45...60
Устойчивость к полеганию (девятибалльная шкала), балл	9	7...9
Отношение урожая зерна к площади листьев: влажный год (ЭРЛ)	1...1,3	1...1,4
сухой год	1,8...2,8	1,6...2,5
Особенности метаболизма сухих веществ: тип накопления на заключительных фенофазах	Интенсивное накопление до полной спелости	
Динамика азота в растении	Высокая аттракция из вегетативных органов	
Способность активно поглощать азот из почвы и накапливать его в зерне после прекращения роста соломины	Высокая	
Ориентация листьев в пространстве	Горизонтальная	
Вегетационный период, дн.	206...208	206...208
Период колошения-созревания, дн.	35...45	35...42
Поражение болезнями:		
бурая ржавчина, %	0...1	0...5
мучнистая роса, %	0	0
снежная плесень, балл	0...1	0...1
корневая гниль, балл		Слабо
фузариоз, балл	0	0
септориоз, балл		0 – очень слабое
вирусы, балл		Слабое
Поражение вредителями		Слабое

высокоурожайных сортов *Донья* и *Константа 22* – 530...533 м³/т (2020–2022 годы).

Влияние расположения листьев в пространстве на структуру фотосинтетического аппарата растений озимой пшеницы выражается в количестве испарившейся влаги с поверхности почвы, интенсивности фотосинтеза, накопления биомассы и продуктивности различных биотипов. Генотипы с горизонтальным положением листьев сформировали 809 колосоносных стеблей/м², вертикальным – 706 (2022 год). Урожайность в среднем по данным группам биотипов составляла 8,26 и 8,0 т/га. Аналогичные тенденции были выявлены и ранее (2008, 2009).

Негативное влияние на продуктивность оказывают как морозо-, зимо-повреждающие факторы, в том числе заморозки после возобновления вегетации, так и биотические стрессоры (болезни, вредители). Увеличение лимитирующих факторов среды, которые ранее проявлялись редко, становится нормой для степной зоны, что необходимо учитывать

при создании нового материала с высоким продуктивным и адаптивным потенциалом.

Направление усиления выраженности зимо-, морозостойкости озимой пшеницы имеет важное значение в условиях непредсказуемости абиотических нагрузок. Создаваемые генотипы должны характеризоваться высокой жизнеспособностью в пределах 70...80% живых растений после промораживания в камере низких температур (минус 18°, экспозиция 20 ч), что важно при введении в скрещивания слабо- и среднезимостойкого генного материала. Также генотипы должны обладать высокой устойчивостью к негативному действию притертой ледяной корки, восстанавливать закалку после оттепели, быть устойчивыми к поздним весенним заморозкам.

Параметры модели сорта предусматривают создание резистентного и толерантного материала к основным болезням в регионе возделывания. В последние годы усиливается проявление пиренофороза, вируса желтой карликовости ячменя, вируса полосатой мозаики пшеницы.

Таблица 3.
Параметры качества зерна модели сорта озимой пшеницы

Признак	Параметры модели сорта	
	интенсивного типа	полуинтенсивного типа
Содержание белка в зерне, %	14,0...14,3	13,0...14,2
Содержание в зерне сырой клейковины, %	28...29	26...28
Сила муки, е.а	280...320	220...280
Объемный выход хлеба, см ³	880...1000	850...900
Общая оценка хлеба, балл	4,5...5	4,5...5
Натурная масса, г/л	800	750
Стекловидность, %	75	65
Число паления, с	450	450

Важны в модели сорта также сочетания продуктивного и адаптивного потенциала с качеством продукции (табл. 3).

Разработанные параметры проверяли в селекционном процессе. Сорт *Акапелла* способен реализовать урожайность 10,1 т/га (2016 год), средняя – 7,8 т/га в условиях засух (2017–2022). Вегетационный период был несколько продолжительнее чем у модельного сорта. Высота – 85 см, устойчив к полеганию, характеризуется высокой полевой устойчивостью к комплексу грибных и вирусных болезней в зоне возделывания. Содержание белка – 13,0...16,9%, клейковины – 23,8...29,0, стекловидность зерна – 80%, объем хлеба – 780...940 см³ при оценке 4,6...4,9 балла (рис. 3).

Урожайность интенсивного сорта нового поколения *Тарасовская* в лимитированных условиях 2019–2022 годов – 7,51 т/га, максимально реализованная – 8,5 т/га. Продуктивный стеблестой сорта – 770 колосьев/м², емкость ценоза – 25120 зерен/м², выход зерна – 46%, продолжительность вегетационного периода – 200 дн., морозостойкость – 70%, содержание белка – 14,3, клейковины – 27,2%.

Созданы полуинтенсивные сорта – *Тарасовская 70*, *Миссия*, *Магия*. Сорт *Тарасовская 70* в агропри-

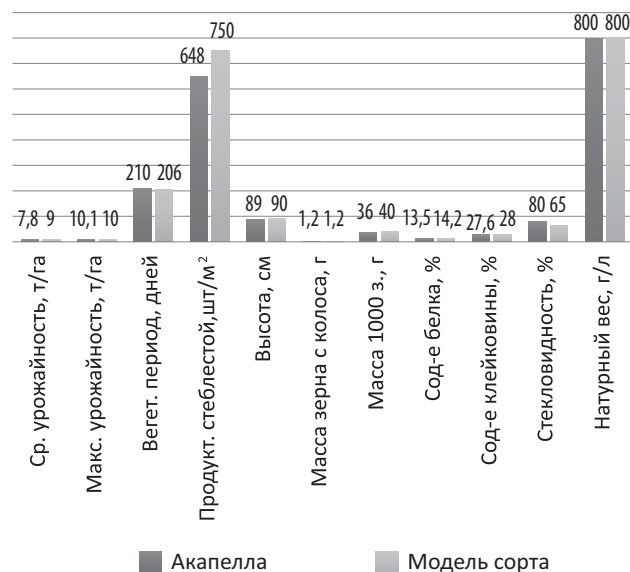


Рис. 3. Параметры модельного сорта интенсивного типа и сорта *Акапелла*.

ятный 2016 год сформировал урожайность зерна 10,1 т/га, в засушливые 2020 и 2022 – 5,7...7,2 т/га соответственно, в остросушливый 2015 – 5,4 т/га. Вегетационный период сорта – 200 дн., содержание белка – 14,0...16,1%, клейковины – 27,0...32%.

Таким образом, в засушливой степи Ростовской области, где урожайность зависит от количества осадков, накопленных в осенне-зимний период, интенсивные сорта озимой пшеницы способны сформировать 10 т/га, (средняя – 7,9), полуинтенсивные – 10,0 и 6,4 т/га соответственно. На основе изучения корреляционного и регрессионного анализов разработаны параметры модели сортов интенсивного и полунтенсивного типов.

Необходимо усилить выраженность признаков зимо- и морозостойкости, особенно при поздних весенних заморозках. Требуется синтез новых форм с высокой засухоустойчивостью в фазе колошение – налив зерна – полная спелость, то есть генотипы способные утилизировать углеводы и азотистые вещества на последних этапах созревания зерновки.

В условиях дефицита влаги урожайность зерна с единицы площади взаимосвязана с длительностью вегетационного периода, в частности, продолжительностью отрастания–выхода в трубку, колошения–созревания. На последних этапах онтогенеза важно усиливать жаростойкость растений.

Прогресс продуктивности озимой пшеницы при нарастании аридизации среды зависит от роста емкости ценоза до 25...30 тыс. зерен/м², увеличения индекса урожая, создания оптимальной наземной биомассы растений. Рост доли зерна в общем биологическом урожае, его высокое качество, повышение адаптивности к абиотическим и биотическим стрессорам среды обеспечат прирост урожайности.

В результате использования уточненных параметров модели сорта для степных регионов ежегодно передаются новые сорта на изучение в Госкомиссию. За 2019–2022 годы в Государственный реестр селекционных достижений РФ включены интенсивные сорта озимой мягкой пшеницы *Донмира*, *Акапелла*, *Богема*, *Былина Дона*, *Пальмира 18* и другие, разработанные для Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского, Нижневолжского, Средневолжского и Уральского регионов. *Мирабель 20*, *Пафос* и *Куряночка 19* планируется включить в Госреестр РФ в 2023 году. По комплексу селекционно ценных признаков они близки к идтиотипу сорта засушливых регионов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Боровик А.Н., Беспалова Л.А., Колесников Ф.А. и др. Классика – новый сорт пшеницы мягкой озимой // Труды Кубанского аграрного университета. 2021. № 91. С. 33–35. DOI: 10.21515/1999-1703-91-32-35.
2. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции пшеницы. М.: Наука, 1987. 506 с.
3. Грабовец А.И. Донской метод определения морозостойкости и жизнеспособности озимых хлебов. Ростов-на-Дону: Юг. 2010. 23 с.
4. Грабовец А.И. О модели сорта озимой мягкой пшеницы для условий Дона // Селекция и семеноводство. 1983. № 2. С. 10–13.
5. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Некоторые аспекты создания и выявления трансгрессивных высоко-

- продуктивных рекомбинантов озимой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 5. С. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262722050015.
6. Жученко А.А. Возможности старта российского АПК в XXI столетие // Аграрный Вестник Юго-Востока. 2009. № 1. С. 6–12.
 7. Иванов А.Л., Эделгериев Р.Х., Донник И.М. и др. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство) / Национальный доклад (монография). Т. 3. М.: МБА. 2021. С. 700. DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1.
 8. Каракотов С.Д., Карлов Г.И., Прянишников А.И., Дивашук М.Г., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Попова В.М. К использованию алгоритмов маркерной селекции для улучшения сортов озимой пшеницы / Вестник аграрной науки. 2022. № 3 (96). С. 29–32. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.8.
 9. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Модель сорта мягкой озимой пшеницы интенсивного типа для условий юга, юго-востока и центрально-черноземной зоны России // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (15). С. 13–22. DOI: 10.25930/2687-1254/002.1.15.2022.
 10. Матишов Г.Г., Дашкевич Л.В., Кириллова Е.Э. Цикличность климата в Приазовье: современный период (19–21 вв.) // Доклады Российской Академии наук. Науки о земле. 2021. № 1. Т. 458. С. 96–100. DOI: 10.31857/S2686739721050091.
 11. Петров Л.К. Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 6–9. DOI: 10.31857/S2500262720030023.
 12. Прянишников А.И., Савченко И.В., Мазуров В.Н. Адаптивная селекция: теория и практика отбора на продуктивность // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 29–32. DOI: 10.30850/vrsn/2018/3/29-32.
 13. Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А. Совершенствование модели сорта озимой пшеницы для условий среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 3-4. Т. 17. С. 473–480.
 14. Ahmad Z., Waraich E.A., Akhtar S., Anjum S., Ahmad T., Mahboob W., Hafeez O.B.A., Tapera T., Labuschagne M., Rizwan M. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches // Acta Physiologiae Plantarum. 2018. 40: 80. DOI: 10.1007/s11738-018-2651-6.
 2. Vavilov N.I. Teoreticheskie osnovy selekcii pshenicy. M.: Nauka, 1987. 506 s.
 3. Grabovec A.I. Donskoj metod opredeleniya morozostojkosti i zhiznesposobnosti ozi-myh hlebov. Rostov-na-Donu: Yug. 2010. 23 s.
 4. Grabovec A.I. O modeli sorta ozimoy myagkoj pshenicy dlya uslovij Dona // Selekcija i semenovodstvo. 1983. № 2. S. 10–13.
 5. Grabovec A.I., Fomenko M.A. Nekotorye aspekty sozdaniya i vyyavleniya transgressivnyh vysokoproduktivnyh rekombinantov ozimoy pshenicy // Rossijskaya sel'skohozyaj-stvennaya nauka. 2022. № 5. S. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262722050015
 6. Zhuchenko A.A. Vozmozhnosti starta rossijskogo APK v XXI stoletie // Agrarnyj Vest-nik Yugo-Vostoka. 2009. № 1. S. 6–12.
 7. Ivanov A.L., Edelgeriev R.H., Donnik I.M. i dr. Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: proyavleniya zasuh, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidaciya posledstvij adaptacionnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo) / Nacional'nyj doklad (monografiya). T. 3. M.: MBA. 2021. S. 700. DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1.
 8. Karakotov S.D., Karlov G.I., Pryanishnikov A.I., Divashchuk M.G., Hvereneц S.E., Titov V.N., Popova V.M. K ispol'zovaniyu algoritmov markernoj selekcii dlya uluchsheniya sortov ozimoy pshenicy / Vestnik agrarnoj nauki. 2022. № 3 (96). S. 29–32. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.8.
 9. Kovtun V.I., Kovtun L.N. Model' sorta myagkoj ozimoy pshenicy intensivnogo tipa dlya uslovij yuga, yugo-vostoka i central'no-chernozemnoj zony Rossii // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2022. № 1 (15). S. 13–22. DOI: 10.25930/2687-1254/002.1.15.2022.
 10. Matishov G.G., Dashkevich L.V., Kirillova E.E. Ciklichnost' klimata v Priazov'e: so-vremennyj period (19–21 vv.) // Doklady Rossijskoj Akademii nauk. Nauki o zemle. 2021. № 1. Т. 458. С. 96–100. DOI: 10.31857/S2686739721050091.
 11. Petrov L.K. Ocenka urozhajnosti, ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoy pshenicy // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2020. № 3. S. 6–9. DOI: 10.31857/S2500262720030023.
 12. Pryanishnikov A.I., Savchenko I.V., Mazurov V.N. Adaptivnaya selekcija: teoriya i praktika otbora na produktivnost' // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 3. S. 29–32. DOI: 10.30850/vrsn/2018/3/29-32.
 13. Suhorukov A.F., Sukorukov A.A. Sovershenstvovanie modeli sorta ozimoy pshenicy dlya uslovij srednego Povolzh'ya // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj aka-demii nauk. 2015. № 3-4. Т. 17. S. 473–480.
 14. Ahmad Z., Waraich E.A., Akhtar S., Anjum S., Ahmad T., Mahboob W., Hafeez O.B.A., Tapera T., Labuschagne M., Rizwan M. Physiological responses of wheat to drought stress and its mitigation approaches // Acta Physiologiae Plantarum. 2018. 40: 80. DOI: 10.1007/s11738-018-2651-6.

REFERENCES

1. Borovik A.N., Bepalova L.A., Kolesnikov F.A. i dr. Klassika – novyj sort pshenicy myagkoj ozimoy // Trudy Kubanskogo agrarnogo universiteta. 2021. № 91. S. 33–35. DOI: 10.21515/1999-1703-91-32-35.

Поступила в редакцию 22.02.2023

Принята к публикации 08.03.2023

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ ЯРОВЫХ ФОРМ В ЗОНЕ РИСКОВАННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Кристина Владимировна Зенкина, кандидат сельскохозяйственных наук

Татьяна Александровна Асеева, член-корреспондент РАН

ФГБУН Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения
Российской академии наук Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
с. Восточное, Хабаровский край, Россия
E-mail: aseeva59@mail.ru

Аннотация. Исследования провели в 2015–2022 годах в Дальневосточном научно-исследовательском институте сельского хозяйства (Хабаровский край). Объект изучения – районированные сорта яровой пшеницы (Хабаровчанка, Лира-98, Анфея) и ярового тритикале (Укро, Ровня, Гребешок). Агрометеорологические условия в годы исследований были разнообразными: 2015, 2016, 2019, 2022 – с избыточным увлажнением, 2021 – недостаточным количеством осадков, 2017, 2018 – в пределах среднемноголетних значений. Установлено, что в благоприятных условиях урожайность сортов тритикале составила 45,2–79,8 ц/га, под воздействием лимитированных факторов она снижается в 3,6–5,0 раза, а формирование продуктивности образцов пшеницы в регионе более стабильно (средняя урожайность – 33,6–51,4 ц/га). По показателям качества зерна отмечены различия по культурам – в зерне пшеницы накапливается высокое количество белка (более 15%), тритикале – лизина (более 400 мг/%). Выявлено, что признаки продуктивности в зоне рискованного земледелия у сортов тритикале и пшеницы обратно коррелируют с агрометеорологическими условиями окружающей среды. Отмечены высокие взаимосвязи между: урожайностью и теплом в июле у сорта тритикале Гребешок ($r = 0,75$), крупностью зерна и теплом в мае и июле у образцов тритикале Гребешок и Ровня ($r = 0,74$ и $r = 0,73$ соответственно), урожайностью и количеством выпавших осадков в июне у сортов пшеницы Хабаровчанка и Лира-98 ($r = -0,77$ и $r = -0,78$ соответственно), массой 1000 зерен и температурой приземного слоя воздуха у сорта Лира-98 ($r = -0,78$).

Ключевые слова: яровая пшеница, яровое тритикале, урожайность, качество зерна, зона рискованного земледелия, Хабаровский край

SPRING WHEAT AND TRITICALE VARIETIES PRODUCTIVITY IN RISK FARMING AREA

K.V. Zenkina, *PhD in Agricultural Sciences*

T.A. Aseeva, *Corresponding Member of the RAS*

Federal State Budgetary Institution of Science Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute,
Vostochnoye village, Khabarovsk Territory, Russia
E-mail: aseeva59@mail.ru

Abstract. The studies were carried out in 2015–2022 at the Far Eastern Research Institute of Agriculture (Khabarovsk Territory). The object of study is released varieties of spring wheat (Khabarovchanka, Lira-98, Anfeya) and spring triticale (Ukro, Rovnya, Grebeshok). Agrometeorological conditions during the years of research were varied: 2015, 2016, 2019, 2022 – with excessive moisture, 2021 – insufficient precipitation, 2017, 2018 – within the average annual values. As a result of the research, it was found that under favorable conditions, the yield of triticale varieties was 45.2–79.8 centners per hectare, under the influence of limited factors, this indicator decreases by 3.6–5.0 times, and the formation of the productivity of wheat samples in the region is more stable. (average yield was 33.6–51.4 centners per hectare). In terms of grain quality, there were differences in grain crops – wheat varieties accumulate a high amount of protein in grain (more than 15%), triticale samples have the highest content of lysine in grain (more than 400 mg/%). It was revealed that the signs of productivity in the zone of risky farming in triticale and wheat varieties are inversely correlated with agrometeorological environmental conditions. High correlations were noted between: yield and heat in July for the triticale variety Grebeshok ($r = 0.75$), grain size and heat in May and July for samples of triticale Grebeshok and Rovnya ($r = 0.74$ and $r = 0.73$ respectively), yield and amount of precipitation in June for wheat varieties Khabarovchanka and Lira-98 ($r = -0.77$ and $r = -0.78$ respectively), weight of 1000 grains and surface air temperature for variety Lira-98 ($r = -0.78$).

Keywords: spring wheat, spring triticale, productivity, grain quality, zone of risky farming, Khabarovsk Territory

Развитие земледелия должно быть направлено на дальнейшее увеличение производственных показателей при полном использовании потенциальных возможностей сельскохозяйственных культур. [12] Производство зерновых культур – одно из приоритетных и социально-значимых направлений в сфере сельского хозяйства Российской Федерации

и служит источником сырья для многих отраслей промышленности (масложировая, мукомольная, крахмальная, хлебобулочная, кондитерская, макаронная, комбикормовая). [3, 4] Посевы яровой пшеницы ежегодно занимают около 12 млн га. [1] Практический интерес представляет яровое тритикале, обладающее, по сравнению с наиболее рас-

пространенными колосовыми культурами, наиболее высокой потенциальной продуктивностью. [11]

Хабаровский край расположен в зоне рискованного земледелия вследствие своего географического положения и наличия муссонного климата. Главная его особенность – крайне неравномерное распределение осадков в течение года. Сельскохозяйственные земли сильно переувлажняются, потери урожая достигают 50%, а в отдельные годы он полностью вымокает. Почти ежегодно бывают засушливые периоды, резкие переходы от избытка влаги к ее недостатку, когда верхние слои почвы пересыхают за очень короткий срок. [6] По всем культурам наблюдается тенденция сокращения посевных площадей с 2000 года. Посевная площадь в 2021 году сократилась на 65,8 тыс. га по сравнению с 1990 и на 42,0 тыс. га относительно 2000 года. Наибольший спад произошел в посевных площадях кормовых культур (более 79%), что свидетельствует о снижении производства в секторе животноводства, несоблюдении технологии севооборота при производстве сельскохозяйственных культур, нарушении естественного восстановления и обогащения почвенного покрова. [7]

Урожайность зависит от климатических и почвенных условий с подчинением классическим законам земледелия. [9] Основные факторы, влияющие на величину урожая зерновых культур, – влаго- и теплообеспеченность вегетационного периода. [10] Масса 1000 зерен показывает количество вещества, накопленного в зерне, его крупность определяют факторы среды и генетические особенности сорта. [5] Содержание белка в зерне пшеницы – изменчивый признак, величина которого в зависимости от условий возделывания и генотипа может варьировать от 6 до 25% у отечественных сортов и от 8 до 20% у западноевропейских. [8] Одно из главных требований к новым сортам – их способность формировать высокую продуктивность зерна при любых факторах окружающей среды. [2]

Цель работы – провести сравнительную оценку продуктивности яровых пшеницы и тритикале в зоне рискованного земледелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2015–2022 годах на полях Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Хабаровский край). Объект изучения – районированные сорта пшеницы (*Хабаровчанка*, *Лира-98*, *Анфей*) и тритикале (*Укро*, *Ровня*, *Гребешок*) яровых форм. Почва – тяжелосуглинистая, содержание гумуса – до 4%, гидролитическая кислотность – 8...12 мг-экв./100 г почвы, рН сол. < 4,5. Высевали образцы сеялкой ССФК-7М, норма – 5,5 млн всх. зер./га. Площадь делянок – 4 м². Убирали комбайном ХЕГЕ-125. Содержание белка определяли по методике Й. Кьельдаля (ГОСТ 10846-91), количество лизина – по методу А.С. Мусийко и А.Ф. Сыроеву (ГОСТ 13496.21-15). Полученные данные обрабатывали в программе Statistica.

Агрометеорологические условия вегетационных периодов различались по количеству выпавших осадков. В 2015, 2016, 2019 годах сумма осадков за

апрель-август превышала среднемноголетние значения на 146...263 мм. Недостаточное количество влаги на фоне высокой температуры приземного слоя воздуха в июле 2021 года привело к усилению засухи в период формирования и налива зерна пшеницы и тритикале (рис. 1, 4-я стр. обл.). 2015, 2016, 2019, 2022 годы отмечены как избыточно увлажненные (ГТК = 2,7...3,0), 2021 – недостаточно увлажненный (ГТК = 1,3), остальные характеризовались оптимальной влагообеспеченностью, в пределах среднемноголетних значений (ГТК = 1,9...2,1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В почвенно-климатических условиях Хабаровского края наблюдали нестабильное формирование продуктивности пшеницы и тритикале по годам и сортам (см. таблицу). В благоприятные годы отмечали высокую урожайность у сортов тритикале, однако при ухудшении условий данный показатель снижался в 3,6...5,0 раза. Максимальная урожайность образцов пшеницы относительно невысокая, но при воздействии лимитированных факторов снижается в меньшей степени – 1,5...2,0 раза. В среднем за годы исследований урожайность сортов пшеницы и тритикале яровых форм формируется в одинаковых пределах.

Погодные условия не всегда способствовали реализации потенциальных возможностей по качеству зерна. В оптимальных условиях масса 1000 зерен у большинства генотипов яровой пшеницы и тритикале достигает 40 г и более. Максимальное накопление белка отмечали у сортов пшеницы (более 15%), лизина – у образцов тритикале (более 400 мг/%).

Установлено, что у сортов тритикале прямая зависимость продуктивности от агрометеорологических условий в период вегетации, а у генотипов пшеницы обратная связь между данными показателями (рис. 2, 4-я стр. обл.).

Высокая положительная связь у сорта тритикале *Гребешок* была между урожайностью зерна и температурой приземного слоя воздуха в июле ($r = 0,75$).

Основные показатели продуктивности сортов пшеницы и тритикале, 2015–2022 годы

Показатель	Тритикале			Пшеница			
	<i>Укро</i>	<i>Ровня</i>	<i>Гребешок</i>	<i>Хабаровчанка</i>	<i>Лира-98</i>	<i>Анфей</i>	
Урожайность, ц/га	min	14,3	16,4	15,8	22,0	22,8	26,1
	max	53,6	45,2	79,8	37,6	33,6	51,4
	X	31,1	28,8	35,7	31,0	29,7	34,6
Масса 1000 зерен, г	min	31,9	30,7	25,8	30,1	27,6	33,1
	max	43,5	42,6	42,3	40,3	38,5	43,2
	X	38,7	37,1	35,9	33,7	32,7	37,8
Содержание белка в зерне, %	min	12,3	12,6	12,7	13,2	12,8	14,2
	max	15,9	14,5	16,5	16,9	16,3	18,5
	X	14,2	13,5	14,3	15,6	15,3	15,4
Содержание лизина в зерне, мг/%	min	332	299	282	298	241	283
	max	425	673	758	392	397	359
	X	400	400	426	341	335	325

Масса 1000 зерен у образцов тритикале *Гребешок* и *Ровня* положительно коррелировала с теплом в мае и июле ($r = 0,74$ и $r = 0,73$ соответственно). В данной экологической зоне избыточное количество выпавших осадков в июне негативно повлияло на формирование урожайности сортов *Хабаровчанка* и *Лиры-98* ($r = -0,77$ и $r = -0,78$ соответственно). Недостаток тепла в период восковой спелости также неблагоприятно сказался на формировании крупности зерна у *Лир-98* ($r = -0,78$). Между содержанием белка и лизина в зерне у колосовых культур не получено достоверно высоких корреляционных связей с климатическими условиями, что свидетельствует о влиянии генотипа на данные показатели и других факторов окружающей среды.

Таким образом, в результате сравнительной оценки в зоне рискованного земледелия установлено положительное влияние агрометеорологических условий на формирование продуктивности у сортов ярового тритикале и отрицательная зависимость у генотипов пшеницы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Амунова О.С., Волкова Л.В., Зуев Е.В., Харина А.В. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. Т. 22. № 5. С. 661–675.
2. Владимирова Е.С. Корреляционный анализ исходного материала для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Центральной Якутии // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 5. С. 31–37.
3. Воротников И.Л., Розанов А.В., Богатырев С.А., Ключиков А.В. Методологические особенности долгосрочного прогнозирования урожайности зерновых культур // *Аграрный научный журнал*. 2022. № 11. С. 34–37.
4. Губанова Е.В., Кочергина Т.В., Хохолуш М.С. Пространственная организация зернового производства в РФ // *Вестник НГИЭИ*. 2022. № 8. С. 113–122.
5. Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Демина Е.А., Чекмасова К.Ю. Селекционная оценка признака масса 1000 зерен в засушливых условиях // *Успехи современного естествознания*. 2020. № 5. С. 7–12.
6. Ким Л.В., Назарова А.А. Анализ земель аграрного сектора Хабаровского края в разрезе муниципальных образований // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 2. С. 80–83.
7. Назарова А.А. Аграрный сектор Хабаровского края в современных экономических условиях // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 8. С. 1–4.
8. Пасынков А.В., Завалин А.А., Пасынкова Е.Н., Андреев В.Л. Сравнительная оценка различных методов прогноза содержания белка в зерне пшеницы // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021. № 3. С. 22–27.
9. Ручкина А.В., Ушаков Р.Н., Елизаров А.О., Амелина Т.Ю. Дискриминантный анализ в оценке урожайности зерновых культур на агросерых почвах // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2020. № 1. С. 121–126.
10. Соболев В.А., Батудаев А.П., Цыбиков Б.Б. и др. Влияние погодных условий на урожайность зерновых

культур в степной зоне Бурятии // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2021. № 3. С. 138–143.

11. Тысленко А.М., Зуев Д.В. Оценка сортов яровой тритикале Владимирской селекции по крупности семян // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2022. № 9. С. 49–52.
12. Шахова О.А. Особенности формирования урожайности зерновых культур в условиях северной лесостепи Тюменской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. № 6. С. 26–31.

REFERENCES

1. Amunova O.S., Volkova L.V., Zuev E.V., Harina A.V. Iskhodnyj material dlya selekcii myagkoj yarovoj pshenicy v usloviyah Kirovskoj oblasti // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021. T. 22. № 5. S. 661–675.
2. Vladimirova E.S. Korrelyacionnyj analiz iskhodnogo materiala dlya selekcii myagkoj yarovoj pshenicy v usloviyah Central'noj Yakutii // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 5. S. 31–37.
3. Vorotnikov I.L., Rozanov A.V., Bogatyrev S.A., Klyuchikov A.V. Metodologicheskie osobennosti dolgosrochnogo prognozirovaniya urozhajnosti zernovykh kul'tur // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2022. № 11. S. 34–37.
4. Gubanova E.V., Kochergina T.V., Hohlush M.S. Prostranstvennaya organizaciya zernovogo proizvodstva v RF // *Vestnik NGIEI*. 2022. № 8. S. 113–122.
5. Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Demina E.A., Chekmasova K.Yu. Selekcionnaya ocenka priznaka massa 1000 zeren v zasushlivykh usloviyah // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2020. № 5. S. 7–12.
6. Kim L.V., Nazarova A.A. Analiz zemel' agrarnogo sektora Habarovskogo kraja v razreze municipal'nyh obrazovanij // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2022. № 2. S. 80–83.
7. Nazarova A.A. Agrarnyj sektor Habarovskogo kraja v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyah // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2022. № 8. S. 1–4.
8. Pasyнков A.V., Zavalin A.A., Pasynkova E.N., Andreev V.L. Sravnitel'naya ocenka razlichnykh metodov prognoza soderzhaniya belka v zerne pshenicy // *Rossiyskaya sel'skhozajstvennaya nauka*. 2021. № 3. S. 22–27.
9. Ruchkina A.V., Ushakov R.N., Elizarov A.O., Amelina T. Yu. Diskriminantnyj analiz v ocenke urozhajnosti zernovykh kul'tur na agroseryh pochvah // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2020. № 1. S. 121–126.
10. Sobolev V.A., Batudaev A.P., Cybikov B.B. i dr. Vliyanie pogodnykh uslovij na urozhajnost' zernovykh kul'tur v stepnoj zone Buryatii // *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii im. V.R. Filippova*. 2021. № 3. S. 138–143.
11. Tyslenko A.M., Zuev D.V. Ocenka sortov yarovoj tritikale Vladimirskoj selekcii po krupnosti semyan // *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2022. № 9. S. 49–52.
12. Shahova O.A. Osobennosti formirovaniya urozhajnosti zernovykh kul'tur v usloviyah severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 6. S. 26–31.

Поступила в редакцию 20.03.2023

Принята к публикации 03.04.2023

ИСТОЧНИКИ СЕЛЕКЦИОННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ДАГЕСТАНА*

Асеф Зилфикарович Шихмурадов, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Дагестанская ОС ФГБНУ «ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»,
Дербентский р-н, Республика Дагестан, Россия
E-mail: asef121263@mail.ru

Аннотация. В 2019–2021 годах на Дагестанской ОС – филиал ВИР в условиях орошения при озимом посеве изучили 1985 образцов яровой мягкой пшеницы из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) по комплексу селекционно ценных признаков. Полевые и лабораторные оценки проведены согласно методическим указаниям ВИР. В результате полевого исследования выделены образцы, сочетающие устойчивость к комплексу болезней (мучнистая роса, бурая и желтая ржавчина) с высокой продуктивностью: из Индии – к-6414, к-5627, Афганистана – к-12437.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, грибные болезни, колошение, урожайность

SOURCES OF SELECTIVE-VALUABLE TRAITS OF SPRING SOFT WHEAT IN SOUTH DAGESTAN CONDITIONS

A.Z. Shikmuradov, Grand PhD in Biological Sciences, Senior Researcher
Dagestan OS FGBNU “FIT of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov”,
Derbent district, Republic of Dagestan, Russia
E-mail: asef121263@mail.ru

Abstract. In 2019–2021 the 1985 samples of spring soft wheat from the world collection of the Vavilov N.I. All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after (VIR) on a set of selection-valuable traits. Field and laboratory evaluations were carried out according to the VIR guidelines. As a result of the field study, samples of spring soft wheat with a complex of breeding valuable traits and combining high grain productivity were identified. Particularly important for breeding are samples that combine resistance to a complex of diseases (powdery mildew, brown and yellow rust) with high productivity from India – k-6414, k-5627, Afghanistan – k-12437.

Keywords: spring soft wheat, fungal diseases, heading, productivity

Пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.) – одна из древнейших и наиболее распространенных культур на земном шаре, к 2050 году спрос на нее должен увеличиться примерно на 60%. [9] При этом урожайность сельскохозяйственных культур повышается всего на 0,8...1,0% в год. [3]

Яровая пшеница высокоценная культура, продукты переработки которой используют в хлебопечении и изготовлении кондитерских изделий. Ее польза и незаменимость в исключительной адаптации к любым условиям (широко применяется подсевами, когда часть озимых всходов погибает). В зерне содержится: белок – 18...24%, клейковина – 28...40, крахмал – 53...70, жировые вещества – 1,7, зола (соли) – 1,6 и около 2% клетчатки. Возделывают ее во всех частях света – от полярного круга до крайнего юга Америки и Африки. По посевным площадям и валовому сбору зерна яровая пшеница занимает первое место среди других зерновых культур. Основные площади сосредоточены в России (Нечерноземная зона, Западная и Восточная Сибирь, Поволжье, Урал).

Устойчивость пшеницы к грибным болезням в условиях Южного Дагестана – важный резерв

повышения урожая. Большинство возделываемых в нашей стране сортов яровой мягкой пшеницы неустойчивы к поражению грибными возбудителями. Ежегодные потери урожая составляют 5...30%, иногда до 50%. [7]

Н.И. Вавилов отмечал, что из всех мер защиты от разнообразных заболеваний, вызываемых паразитическими грибами, бактериями, вирусами, наиболее радикальное средство – введение в культуру иммунных сортов или создание таковых путем селекции. [1]

Не вызывает сомнения эффективность применения устойчивых сортов пшеницы, особенно при сочетании резистентности сорта к болезням с другими хозяйственно ценными признаками (высокая продуктивность, большая экологическая пластичность и другое). [2, 8] Для того, чтобы выделить из мировой коллекции ВИР ценный исходный материал для селекции по этим признакам, необходимо создавать специальные провокационные фоны или использовать естественные условия различных регионов с определенными почвенно-климатическими условиями.

К числу таких зон относится южно-плоскостной регион Дагестана. Стабильно повышенная относи-

* Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0001 / The work was carried out within the framework of the state task according to the thematic plan of the VIR project No. 0481-2022-0001.

тельная влажность воздуха и достаточно высокая температура ежегодно создают благоприятный фон для массовой оценки коллекционных образцов пшеницы на устойчивость к грибным болезням. Подзимний посев яровых позволяет выявить их потенциальную продуктивность зерна.

Цель работы – изучить сортообразцы разного эколого-географического происхождения яровой мягкой пшеницы из мировой коллекции ВИР и выделить источники по комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекционных программах по созданию новых адаптивных сортов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на Дагестанской опытной станции – филиал ВИР (2019–2021 годы). Объект исследования – 1985 образцов яровой мягкой пшеницы из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Коллекционные образцы размещали после овощных культур. Обработка почвы соответствовала общепринятой для данной зоны. Каждый образец высевали вручную на делянке площадью 1 м², междурядья – 15 см, длина рядка – 1 м, расстояние между делянками – 30 см. В качестве стандарта использовали высокоурожайный сорт яровой мягкой пшеницы *Siete Cerros* (Мексика). Убирали и обмолачивали растения вручную. Исследование устойчивости к грибным болезням проходило при орошении в естественном фоне. Данные статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [4] Наблюдения, учеты, оценки и анализы проведены согласно методическим указаниям изучения пшеницы ВИР. [5, 6]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучали продолжительность отдельных межфазных периодов и всей вегетации. В условиях ДОС ВИР наиболее четкая дифференциация образцов была в фазе колошения. Установлено, что из исследованного нами материала на 12...20 дн. раньше стандарта выколосились образцы: *к-5623*, *к-5624*, *к-5627*, *к-6414*, *к-30468* (Индия); *к-6071* (Ирак); *к-8369* (Италия); *к-12437* (Афганистан); *к-50308* (Турция) и *к-51031* (Алжир) (табл. 1).

В Южном Дагестане мучнистая роса на пшенице паразитирует с момента появления всходов

Таблица 1.
Образцы яровой мягкой пшеницы раннего срока колошения

№ каталога ВИР	Происхождение	Дата колошения	Высота растения, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна, г/м ²
5623	Индия	28.04.	115	38,0	510
5624	Индия	28.04.	100	38,5	470
5627	Индия	28.04.	125	39,3	560
6414	Индия	25.04.	115	42,0	600
30468	Индия	20.04.	115	40,4	560
6071	Ирак	24.04.	115	37,5	510
8369	Италия	26.04.	135	38,3	520
12437	Афганистан	25.04.	115	41,0	565
50308	Турция	20.04.	130	38,3	500
51031	Алжир	20.04.	110	40,2	540
47115	Мексика (st)	10.05.	95	34,5	470

Таблица 2.
Образцы яровой мягкой пшеницы с комплексной устойчивостью к грибным болезням

№ каталога ВИР	Происхождение	Сорт	Устойчивость, балл			
			мучнистая роса	бурая ржавчина	желтая ржавчина	ржавчина
19326	Италия	<i>Campio</i>	9	9	9	9
19327	Италия	<i>Grano Gion Gualberto Guerrossi</i>	9	9	9	9
19921	Эфиопия	–	9	9	9	9
20608	Испания	–	9	9	9	9
20215	Египет	–	9	9	9	9
21126	Турция	<i>Хинди-Бугдай</i>	9	9	7	7
22261	Индия	–	9	9	9	9
23056	Индия	–	9	9	9	9

до созревания. В годы изучения высокой устойчивостью к этой болезни (9 баллов) характеризовались: *к-19326*, *к-19327* (Италия), *к-19921* (Эфиопия), *к-20608* (Испания), *к-20215* (Египет), *к-22661* и *к-23056* (Индия) (табл. 2).

Огромный вред посевам пшеницы наносит желтая ржавчина. Развитие этой болезни часто носит эпифитотийный характер. За 2019–2021 годы высокоустойчивыми к ней были образцы: *к-19326*, *к-19327* (Италия), *к-19921* (Эфиопия), *к-20608* (Испания), *к-22661* и *к-23056* (Индия), *к-20215* (Египет) (табл. 2).

Таблица 3.
Образцы яровой мягкой пшеницы выделившиеся по урожайности

№ каталога ВИР	Происхождение	Высота растения, см	Длина колоса, см	Число, шт.		Масса, г		
				колосков	зерен	зерна с колоса	зерна с 1 м ²	1000 зерен
5627	Индия	125±0,4	8,6±0,4	15,4±0,5	36,3±0,4	1,4±0,2	560	39,3
6414	Индия	115±0,3	8,7±0,6	18,1±0,3	38,5±0,6	1,5±0,3	600	42,0
30468	Индия	115±0,5	8,4±0,3	16,0±0,6	34,6±0,5	1,3±0,2	560	40,4
12437	Афганистан	115±0,6	9,0±0,4	17,8±0,6	36,2±0,7	1,4±0,4	565	41,0
51031	Алжир	110±0,4	8,3±0,6	16,3±0,3	32,3±0,6	1,3±0,2	540	40,2
8369	Италия	135±0,3	8,6±0,3	15,4±0,4	33,6±0,4	1,2±0,3	520	38,3
47115	Мексика (st)	95±0,5	8,2±0,3	14,1±0,3	32,8±0,6	1,1±0,4	470	34,5

По продуктивности зерна выделились шесть образцов (табл. 3). Среди них наиболее урожайные – *к-6414*, *к-5627*, *к-30468* (Индия), *к-12437* (Афганистан), а урожайность образцов *к-51031* (Алжир), *к-8369* (Италия) с единицы площади фактически не отличалась от стандарта (*к-47115*) сорта *Siete Cerros*.

Особую ценность для селекции представляют образцы, сочетающие устойчивость к комплексу болезней (мучнистая роса, бурая и желтая ржавчина) с высокой продуктивностью: из Индии – *к-6414*, *к-5627*, Афганистана – *к-12437*.

Таким образом, данные образцы яровой мягкой пшеницы с комплексом селекционно ценных признаков и высокой продуктивностью зерна могут быть использованы, как источники в селекции для создания новых сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. М., Л., 1935.
2. Воронкова А.А., Пучков Ю.М. Селекция пшеницы на устойчивость к ржавчине. Краснодар, 1977. С. 3–5.
3. Гончаров Н.П., Косолапов В.М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 361–366.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Зуев Е.В., Брыкова А.Н., Кудрявцева Е.Ю. Яровая мягкая пшеница. Источники селекционно-ценных признаков в условиях Тамбовской области // Каталог ВИР. Вып. 840. С.-СПб: ВИР. 2017. С. 37.
6. Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (методические указания). СПб: ВИР, 1999. 81 с.
7. Кожевников В.М., Михайлова Л.А., Левитин М.М. Генетика ржавчинных грибов в связи с селекцией зерновых культур на болезнестойчивость. Ржавчина хлебных злаков. М.: Колос. 1975. С. 67–79.
8. Прянишников А.И., Савченко И.В., Мазуров В.Н. Адаптивная селекция: теория и практика отбора на продуктивность // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 29–32.
9. Gómez D., Salvador P., Sanz J. et al. Modelling wheat yield with antecedent information, satellite and climate data using machine learning methods in Mexico // Agricultural and Forest Meteorology. 2021. Vol. 300. P. 108317.

REFERENCES

1. Vavilov N.I. Teoreticheskie osnovy selekcii rastenij. M., L., 1935.
2. Voronkova A.A., Puchkov Yu.M. Selekcija pshenicy na ustojchivost' k rzhavchine. Krasnodar, 1977. S. 3–5.
3. Goncharov N.P., Kosolapov V.M. Selekcija rastenij – osnova prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2021. T. 25. № 4. S. 361–366.
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. Zuev E.V., Brykova A.N., Kudryavceva E.Yu. Yarovaya myagkaya pshenica. Istochniki selekcionno-cennyh priznakov v usloviyah Tambovskoj oblasti // Katalog VIR. Vyp. 840. S.–SPb: VIR. 2017. S. 37.
6. Merezko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V. i dr. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kollekcii pshenicy, egilopsa i tritikale (metodicheskie ukazaniya). SPb: VIR, 1999. 81 s.
7. Kozhevnikov V.M., Mihajlova L.A., Levitin M.M. Genetika rzhavchinnyh gribov v svyazi s selekcij zernovyh kul'tur na boleznestojchivost'. Rzhavchina hlebyh zlakov. M.: Kolos. 1975. S. 67–79.
8. Pryanishnikov A.I., Savchenko I.V., Mazurov V.N. Adaptivnaya selekcija: teoriya i praktika otbora na produktivnost' // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 3. S. 29–32.
9. Gómez D., Salvador P., Sanz J. et al. Modelling wheat yield with antecedent information, satellite and climate data using machine learning methods in Mexico // Agricultural and Forest Meteorology. 2021. Vol. 300. P. 108317.

Поступила в редакцию 17.02.2023

Принята к публикации 03.03.2023

СОЗДАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ДНК-МАРКЕРОВ НОВЫХ ГЕНОТИПОВ РИСА, ТОЛЕРАНТНЫХ К ДЛИТЕЛЬНОМУ ЗАТОПЛЕНИЮ ВОДОЙ*

Елена Викторовна Дубина^{1,2}, доктор биологических наук, ORCID: 0000-0002-8010-0137
Сергей Александрович Лесняк¹, аспирант, ORCID: 0000-0002-7273-2716
Сергей Валентинович Гаркуша^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-3974-9153
Юлия Александровна Макуха¹, аспирант, ORCID: 0000-0003-3770-0783

Арина Александровна Кутищева²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр риса», г. Краснодар, Россия

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Аннотация. Цель работы – поиск информативных молекулярных маркеров для идентификации гена *Sub1A* в селекционном материале риса. Проведены исследования по выявлению специализированных ДНК-маркерных систем, обеспечивающих четкий контроль наследования целевого локуса по признаку толерантности к длительному затоплению водой, как фактору борьбы с сорными растениями. Из исследуемого набора микросателлитных маркеров (13 SSR) высокую эффективность в выявлении полиморфизма между сортами-донорами и сортами отечественной селекции показали RM 7481 и PrC3. На их основе проанализирована ДНК полученных гибридных растений риса сегрегирующей F₂ популяции на данный признак и выполнен лабораторный экспресс-метод для оценки по фенотипу. При проведении статистического анализа установлено, что оба SSR-маркера сонаследуемы с признаком толерантности к длительному затоплению и на их основе отобраны растения, имеющие в генотипе целевой ген в гомозиготном состоянии, которые переданы в селекционный процесс для изучения по морфометрическим характеристикам и хозяйственно ценным признакам.

Ключевые слова: рис, толерантность к длительному затоплению, ПЦР, SSR-маркеры, селекция, гены устойчивости

CREATION OF NEW RICE GENOTYPES TOLERANT TO LONG-TERM WATER FLOODING USING DNA MARKERS

E.V. Dubina^{1,2}, *Grand PhD in Biological Sciences*
S.A. Lesnyak¹, *PhD Student*
S.V. Garkusha^{1,2}, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
Yu.A. Makukha¹, *PhD Student*
A.A. Kutischeva²

¹Federal Scientific Rice Centre, Krasnodar, Russia

²Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

E-mail: lenakrug1@rambler.ru

Abstract. The aim of this work is to search for informative molecular markers for the identification of the *Sub1A* gene in rice breeding material. Studies have been carried out to identify specialized DNA marker systems that provide a clear control of the inheritance of the target locus on the basis of tolerance to prolonged flooding with water, as a factor in the fight against weeds. Of the studied set of microsatellite markers (13 SSRs), two SSR markers (RM 7481, PrC3) showed high efficiency in detecting polymorphism between donor varieties and varieties of domestic selection. Based on them, the DNA of the obtained hybrid rice plants of the F₂ segregating population was analyzed for this trait and a laboratory express method was performed to evaluate the phenotype. During the statistical analysis, it was found that both SSR markers are co-heritable with the trait of tolerance to prolonged flooding under water, and on their basis, plants were selected that have the target gene in the genotype in the homozygous state, which were transferred to the breeding process for study by morphometric characteristics and economically valuable traits.

Keywords: rice, submergence tolerance, PCR, SSR markers, breeding, resistance genes

Рис – стратегически важная продовольственная культура в мире и стоит на третьем месте по валовому производству. Краснодарский край – крупнейший регион рисосеяния в Российской Федерации, где сосредоточено более 80% посевных площадей страны. Один из основных лимитирующих стресс-факторов, препятствующих получению высоких урожаев риса, – сорные растения, которые конку-

рируют с культурой за свет, элементы минерального питания, пространство. [2]

Несмотря на то, что рис возделывают на затопляемых полях в анаэробных условиях, он чувствителен к длительному и глубоководному погружению под воду. [8] Во многих странах Южной и Юго-Восточной Азии, Индии, Индонезии и других в результате глобального изменения климата

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта МФИ-20.1/1 / The research was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation in the framework of the scientific project № 20.1/1.

самое опасное стихийное бедствие – наводнения, которые делятся на два типа (внезапное и глубоководное). Они имеют разные молекулярные механизмы. Во время внезапного наводнения устойчивые растения, которые полностью погружены под воду не более двух недель, перестают расти (удлиняться) из-за подавления действия гиббереллиновой кислоты этиленом, экономя запасы углеводов, потребления энергии, которая необходима для возобновления роста, когда вода спадет. При глубоководном затоплении, глубина воды достигает нескольких метров в течение месяца, наоборот, устойчивые растения риса способны удлинять междоузлия, чтобы листья находились над поверхностью воды и, таким образом, обеспечивалось бы дыхание и фотосинтез. [19] Это способствует истощению энергетических резервов растения, приводя к снижению его продуктивности и даже гибели.

Историческим моментом в селекции риса на устойчивость к внезапному наводнению (длительное затопление) стало открытие азиатскими учеными локуса *Submergence1* или *Sub1*, который контролирует данный признак [18] и содержит три гена (*Sub1A*, *Sub1B* и *Sub1C*), но только *Sub1A* усиливает у растений толерантность к погружению под воду. [11]

Несмотря на то, что в России проблем наводнений, связанных с длительным затоплением рисовых полей пока нет, этот ген можно использовать как фактор борьбы со злостными сорняками рисовых полей – виды *Echinochloa*.

Введение генов (функции) устойчивости к данному стрессору в отечественные сорта риса, адаптированные к местным агроклиматическим условиям, позволит получить большое разнообразие материала с геном *Sub1A*. Применение специализированных ДНК-маркеров, при помощи которых можно четко детектировать не только целевой ген в гибридном селекционном материале, но и его аллельное состояние, повышает отбор перспективных генотипов, что значительно упрощает и ускоряет селекционную работу. Внедрение таких сортов в производство позволит бороться с сорной растительностью рисовых полей щадящим экологически безопасным методом (при затоплении сорняки погибают), по сравнению с химическими препаратами. Это поднимет экологический и экономический статус отрасли.

Цель работы – создать на основе ДНК-технологий отечественный пул сортов риса с генами устойчивости к данному признаку, а также провести исследования по выявлению информативных SSR-маркеров, ассоциированных с локусом толерантности к затоплению *Sub1A* для надежной идентификации интродуцированного целевого гена.

Данное исследование имеет большое значение для развития фундаментальных и теоретических основ, а также практических подходов к использованию ДНК-маркеров в селекции риса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Донор для введения гена толерантности к длительному затоплению *Sub1A* – сорт азиатской селекции *Khan Dan*. Для изучения полиморфизма 13 SSR в качестве устойчивых сортов были взя-

ты образцы из коллекции генетических ресурсов ФНЦ риса: *Swarna-Sub1*, *TDK-1*, *IR-64*, *CR1009*, *Inbara-3*, *BR-11*, имеющие в генотипе ген-интереса. Материнские формы – отечественные сорта риса (*Ленарис*, *КП-25*, *КП-163*, *КП-24-15*).

В применяемых селекционных схемах растения донорных и реципиентных форм, а также гибридные растения ВС-поколений высаживали в вегетационные сосуды в камеры искусственного климата (или на вегетационную площадку, в зависимости от сезона года) в трех повторностях с промежутком 10 дн. для совмещения цветения. Гибридизацию растений риса проводили методом пневмокастрации, опыление – «ТВЕЛЛ»-методом. [3]

Для идентификации генов *Sub1A* в гибридных растениях риса при постановке реакции амплификации использовали микросателлитные молекулярные маркеры со специфичными праймерами (табл. 1), связанными с локусом, отвечающим за устойчивость к длительному погружению риса под воду.

Амплификацию проводили в ДНК-амплификаторе «Терцик» при условиях: первый этап – денатурация в течение 5 мин. при 94°C, второй – 35 циклов по протоколу: денатурация – 35 с при 94°C; отжиг праймеров – 45 с при 60°C; синтез – 30 с при 72°C, третий – один цикл синтеза при 72°C в течение 5 мин.

Разделяли продукты реакции амплификации методом электрофореза в 2%-м агарозном геле при

Таблица 1.
Нуклеотидная последовательность праймеров для идентификации гена *Sub1A*

Маркер	Нуклеотидная последовательность праймеров (5'-3')	
<i>Sub1A203</i>	F	GATGTGTGGAGGAGAAGTGA
	R	GGTAGATGCCGAGAAGTGTA
<i>Sub1A_6</i>	F	GATGTGTGGAGGAGAAGTGA
	R	GGTAGATGCCGAGAAGTGTA
<i>Sub1A_7</i>	F	GATGTGTGGAGGAGAAGTGA
	R	GGTAGATGCCGAGAAGTGTA
<i>RM7481</i>	F	CGACCAATATCTTCTGCC
	R	CATTGGTCGTGCTCAACAAG
<i>RM285</i>	F	CTGTGGGCCAATATGTCAC
	R	GGCGGTGACATGGAGAAAG
<i>RM219</i>	F	CGTCGGATGATGTAAGGCCT
	R	CATATCGGCATTCGCCTG
<i>RM464A</i>	F	AACGGGCACATTCTGTCTTC
	R	TGGAAGACTGATCGTTTCC
<i>RM285</i>	F	CTGTGGGCCAATATGTCAC
	R	GGCGGTGACATGGAGAAAG
<i>Sub1A</i>	F	CAGGAATAAGTAGGCACATCA
	R	GGACCAAGAACAAGTCAAA
<i>AEX</i>	F	AGGCGGAGCTACGAGTACCA
	R	GCAGAGCGGCTCGGA
<i>PrC1</i>	F	TTGC GAGCTAGCTGTCTGAA
	R	TAGTCCACGGCTAATGTGA
<i>PrC3</i>	F	CAATAAGACTCGGGCTGTGC
	R	TAGTCCACGGCTAATGTGA
<i>GnS2</i>	F	CTTCTGTCTAACGACAACG
	R	TCGATGGGGTCTTGATCTCT

напряжении 120...130 В 30 мин. Для визуализации продукта электрофореза пластину из агарозного геля помещали в прибор GelDocXR+, используя специальную программу, согласно инструкции, исследуемый гель фотографировали в ультрафиолетовом свете и анализировали полученные данные.

Семена гибридных растений и родительских форм проращивали в пробирках в термостате при температуре 28°C с увлажнением. [5] Когда семена проклюнулись, пробирки помещали в камеру искусственного климата при световом режиме: день и ночь по 12 ч при 30°C. Затем, когда проростки достигали длины 2...3 см, растения в пробирках заливали водой, и через 15 дн. проводили их оценку на толерантность к затоплению.

Данные статистически обрабатывали с помощью пакетов прикладных компьютерных программ Microsoft Office Excel 2010 и STATISTICA 10.0 for Windows.

Частоту рекомбинации между геном толерантности к длительному затоплению и ДНК-маркерами определяли как отношение числа растений с наличием или отсутствием ДНК-маркера, несоответствующих фенотипическому проявлению признака толерантности к длительному затоплению, общему числу растений, умноженное на 100.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Необходимость создания генисточников сельскохозяйственных растений, предлагаемых для возделывания по природосберегающим технологиям, постоянно увеличивается. Ген *Sub1A* усиливает у растений риса толерантность к длительному затоплению, которую можно использовать в качестве экологически безвредного фактора для борьбы с сорными растениями рисовых полей.

На первом этапе работы в 2020 году был проведен поиск информации, сделана выборка молекулярных (микросателлитные) маркеров из литературных источников и базы данных NCBI (www.ncbi.nih.gov) для идентификации гена *Sub1A* методом ПЦР в донорной и реципиентной формах риса. Для каждой специфичной пары праймеров разработаны протоколы оптимального состава реакционной смеси и программы реакции амплификации, в результате которой при проведении SSR-анализа продукты амплификации четко визуализировались (рис. 1, 2, 3-я стр. обл.). Апробировали каждый молекулярный маркер на контрастных сортах (устойчивые – *Khan Dan*, *TDK-1*, *CR 1009*, *Swarna*, *IR-64*, *BR-11*, *Inbara-3*, неустойчивые – *КП-23*, *Контакт*, *Боярин*, *КП-25*, *КП-163*, *Флашман*, *Ленарис*) к длительному погружению растений под воду.

При апробации молекулярного маркера *RM 7481* на рисунке 1 четко видна аллельная разница между устойчивыми (№№ 1–7) и неустойчивыми образцами риса (№№ 8–14). Сортообразцы №№ 1–7 имеют в своем ДНК-профиле специфичный для гена *Sub1A* ПЦР-продукт размером 102 п.н., а восприимчивые к длительному погружению под воду сорта риса (№№ 8–14) – ПЦР-продукт размером 86 п.н. Чтобы установить сцепленность маркера с признаком он был использован для анализа сегрегирующей F₂-популяции, которая получена

в 2021 году. Результаты анализа ДНК некоторых гибридных растений F₂ на наличие в их генотипах целевого гена *Sub1A* и его аллельного состояния с использованием маркерной системы представлены на рисунке 2.

На электрофореграмме (рис. 2) можно увидеть, что образцы №№ 124, 125, 129–131, 152, 153, 156, 158, 159, 162–165 имеют в своем ДНК-профиле специфичный для гена *Sub1A* ПЦР-продукт. Образцы №№ 121–123, 126–128, 132–135, 160, 161 – гетерозиготы по данному локусу, а №№ 151, 154, 155, 157 – рецессивные гомозиготы (несут материнскую аллель) выбракованы. Растения с геном *Sub1A* отобраны для дальнейшей работы. В 2021–2022 годах проводили возвратные скрещивания с рекуррентной родительской формой для получения гибридных растений, у которых период вегетации не превышал 120...125 дн. На каждом этапе после анализа ДНК отбирали те растения, которые имели в генотипе донорный аллель. В настоящее время получена BC₂F₂ – популяция.

На рисунке 3 (3-я стр. обл.) представлены результаты апробации по локусу *PrC3*, где также четко видна аллельная разница между устойчивыми и неустойчивыми генотипами. Данный маркер был внедрен в селекционную программу по созданию генотипов риса, толерантных к длительному затоплению, как фактору борьбы с сорными растениями. Толерантные формы в ДНК-профиле характеризуются по данной маркерной системе наличием аллеля размером 710 п.н., а восприимчивые – двумя аллелями 360 и 220 п.н.

В сегрегирующей F₂-популяции получено 184 растения, которые по локусу *RM 7481* имели соотношение: 39 растений – доминантные гомозиготы, 104 – гетерозиготы, у 41 растения в генотипе рецессивный аллель. По локусу *PrC3*: 37 растений – доминантные гомозиготы (у двух из всей выборки не прошла амплификация), 104 – гетерозиготы и 41 растение имело в генотипе рецессивный аллель.

Для проверки достоверности результатов молекулярно-генетических исследований проводили фенотипический анализ родительских форм лабораторным экспресс-методом. Были отмечены формы, которые в режиме полного затопления останавливались в росте, а после того, как воду сливали на 15-е сут., через два-три дня они восстанавливали свои жизненные функции.

По данным молекулярно-генетических исследований и оценки по фенотипу сегрегирующей F₂ популяции рассчитали частоту рекомбинаций между геном толерантности к длительному затоплению водой *Sub1A* и локусами *RM 7481*, *PrC3* по гибридной комбинации *КП-163* × *Khan Dan* (табл. 2).

Молекулярные маркеры *RM 7481* и *PrC3* наследуются моногенно и сцепленно, поскольку среди 184 растений F₂-популяции отмечена их сегрегация в соотношении 1:2:1, частота рекомбинаций – 22 и 23% соответственно. Они представляют интерес для использования при детектировании донорных аллелей в селекционном материале.

Таким образом, с помощью методов молекулярного маркирования в сочетании с традиционной селекцией получен гибридный материал риса, в ге-

Наследование SSR-маркеров *RM7481* и *PrC3* среди сегрегирующей по толерантности к длительному затоплению растений риса F2-популяции

ДНК-маркер	Сегрегирующая F2-популяция						Частота рекомбинаций, %	
	SSR-маркер		SSR-маркер/ толерантность к длительному затоплению					
	+; ±; -	χ^2	R/+	S/+	R/-	S/-		χ^2
<i>RM7481</i>	39:104:41	0,05	102	41	0	41	69,08	22
<i>PrC3</i>	37:104:41	3,87	100	41	0	41	66,20	23

Примечание. R – устойчивость; S – неустойчивость; «+» – присутствие и «-» – отсутствие SSR-маркера. Для вероятности ошибки $p \leq 0,05$ и d.f. = 2 критическое значение $\chi^2 = 5,99$, а для d.f. = 3 $\chi^2 = 7,81$.

нотипе которого интрогрессированные гены толерантности к длительному затоплению водой. После всех этапов селекционного процесса и государственного сортоиспытания они могут внедряться в производство, что позволит сократить примененные химических средств защиты от сорно-полевой растительности и снизить пестицидную нагрузку на экосистему.

Выводы. Предлагаемая ускоренная схема создания современного набора линий риса, несущих целевые гены, даст возможность в дальнейшем создать сорта, соответствующие агроклиматическим условиям Юга России, обладающие повышенной урожайностью, толерантностью к длительному затоплению водой как фактору борьбы с сорными растениями. Это будет способствовать производству экологически безопасной продукции, экономии денежных средств рисопроизводящим предприятиям, так как позволит значительно снизить использование ядохимикатов, что повысит экологический статус отрасли рисоводства и экономику региона.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 4-е, перераб. и доп. М: Колос, 1979. 416 с.
2. Дубина Е.В., Шиловский В.Н., Костылев П.И. и др. Ген Sub1A в селекции риса на толерантность к затоплению, как фактор борьбы с сорными растениями // Рисоводство. 2017. № 2. С. 20–26.
3. Лось Г.Д. Перспективный способ гибридизации риса // Сельскохозяйственная биология // Сельскохозяйственная биология. 1987. № 12. С. 15–17.
4. Практическое руководство по интенсивной технологии возделывания риса в Краснодарском крае. Краснодар, 1986. 38 с.
5. Скаженник М.А., Воробьев Н.В., Досеева О.А., Методы физиологических исследований в рисоводстве. Краснодар: ARRI, 2009. 23 с.
6. Catling H.D. Rice in deep water. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. Macmillan, London, 1992. 542 с.
7. Dubina E.V., Alabushev A.V., Kostylev P.I. et al. Introduction of the Sub1 gene into the Russian rice varieties using the polymerase chain reaction (PCR) methods African Journ. of Agricult. Res. 2018; 13 (48): 2757–2762. DOI: 10.5897/AJAR2018.13563.
8. Fukao T., Yeung El., and Bailey-Serres J. The submergence tolerance regulator sub1a mediates crosstalk between submergence and drought tolerance in rice. The Plant Cell. 2011. V. 23. P. 412–427.
9. Hattori Y., Nagai K., Furukawa S. et al. The ethylene response factors Snorkel1 and Snorkel2 allow rice to adapt to deep water. Nature. 2009; 460: 1026–1031.
10. Jena K.K., Moon H.P., Mackill D.J. Marker assisted selection – a new paradigm in plant breeding. Korean J. Breed. 2003; 35: 133–140.
11. Mackill D.J., Ni J. Molecular mapping and marker-assisted selection for major-gene traits in rice. Rice genetic. Proceeding of the fourth international rice genetic symposium. Los Banos, 2001. P. 137–151.
12. Murray M.G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. Genom. 1980; 40: 379–378.
13. Sano Y., Katsumata M., Okuno K. Genetic studies of speciation in cultivated rice. Inter- and intraspecific differentiation in the waxy gene expression of rice. Euphytica. 1986; 35 (1): 1–9.
14. Septiningsih E.M., Kretzschmar T. Anaerobic germination-tolerant plants and related materials and methods. 2015. WO 2015087282 A1.
15. Steffens B., Wang J., Sauter M. Interactions between ethylene, gibberellin and abscisic acid regulate emergence and growth rate of adventitious roots in deepwater rice. Planta. 2006; 5: 604–612.
16. Suh J.P., Jeung J.U., Lee J.I. et al. Identification and analysis of QTLs controlling cold tolerance at the reproductive stage and validation of effective QTLs in cold-tolerant genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). Theor. and Appl. Genetics. 2009; 120: 985–995.
17. Vergara B.S., Jackson M.B., De Datta S.K. Deepwater rice and its response to deep-water stress. In: Climate and Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, 1976. С. 301.
18. Xu K., Xu X., Ronald P.C. and Mackill D.J. A high-resolution linkage map in the vicinity of the rice submergence tolerance locus Sub1. Mol. Gen. Genet. 2000; 263: 681–689.
19. Yoko Hattori, Keisuke Nagai and Motoyuki Ashikari. Rice growth adapting to deepwater / Current Opinion in Plant Biology 2011, 14: 100–105. DOI: 10.1016/j.pbi.2010.09.008.

REFERENCES

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Izd. 4-e, pererab. i dop. M: Kolos, 1979. 416 с.
2. Dubina E.V., Shilovskij V.H., Kostylev P.I. i dr. Gen Sub1A v selekcii risa na tolerantnost' k zatopeniyu, kak faktor bor'by s sornymi rasteniyami // Risovodstvo. 2017. № 2. С. 20–26.
3. Los' G.D. Perspektivnyj sposob gibrizizacii risa Sel'skohozyajstvennaya biologiya // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 1987. № 12. С. 15–17.
4. Prakticheskoe rukovodstvo po intensivnoj tekhnologii vozdeyvaniya risa v Krasnodarskom krae. Krasnodar, 1986. 38 с.

5. Skazhennik M.A., Vorob'yov N.V., Doseeva O.A. Metody fiziologicheskikh issledovaniy v risovodstve. Krasnodar: AR-RRI, 2009. 23 s.
6. Catling H.D. Rice in deep water. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. Macmillan, London, 1992. 542 s.
7. Dubina E.V., Alabushev A.V., Kostylev P.I. et al. Introduction of the Sub1 gene into the Russian rice varieties using the polymerase chain reaction (PCR) methods African Journ. of Agricult. Res. 2018; 13 (48): 2757–2762. DOI: 10.5897/AJAR2018.13563.
8. Fukao T., Yeung El., and Bailey-Serres J. The submergence tolerance regulator sub1a mediates crosstalk between submergence and drought tolerance in rice. The Plant Cell. 2011. V. 23. P. 412–427.
9. Hattori Y., Nagai K., Furukawa S. et al. The ethylene response factors Snorkel1 and Snorkel2 allow rice to adapt to deep water. Nature. 2009; 460: 1026–1031.
10. Jena K.K., Moon H.P., Mackill D.J. Marker assisted selection – a new paradigm in plant breeding. Korean J. Breed. 2003; 35: 133–140.
11. Mackill D.J., Ni J. Molecular mapping and marker-assisted selection for major-gene traits in rice. Rice genetic. Proceeding of the fourth international rice genetic symposium. Los Banos, 2001. P. 137–151.
12. Murray M.G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. Genom. 1980; 40: 379–378.
13. Sano Y., Katsumata M., Okuno K. Genetic studies of speciation in cultivated rice. Inter- and intraspecific differentiation in the waxy gene expression of rice. Euphytica. 1986; 35 (1): 1–9.
14. Septiningsih E.M., Kretzschmar T. Anaerobic germination-tolerant plants and related materials and methods. 2015. WO 2015087282 A1.
15. Steffens B., Wang J., Sauter M. Interactions between ethylene, gibberellin and abscisic acid regulate emergence and growth rate of adventitious roots in deepwater rice. Planta. 2006; 5: 604–612.
16. Suh J.P., Jeung J.U., Lee J.I. et al. Identification and analysis of QTLs controlling cold tolerance at the reproductive stage and validation of effective QTLs in cold-tolerant genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). Theor. and Appl. Genetics. 2009; 120: 985–995.
17. Vergara B.S., Jackson M.B., De Datta S.K. Deepwater rice and its response to deep-water stress. In: Climate and Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, 1976. S. 301.
18. Xu K., Xu X., Ronald P.C. and Mackill D.J. A high-resolution linkage map in the vicinity of the rice submergence tolerance locus Sub1. Mol. Gen. Genet. 2000; 263: 681–689.
19. Yoko Hattori, Keisuke Nagai and Motoyuki Ashikari. Rice growth adapting to deepwater / Current Opinion in Plant Biology 2011, 14: 100–105. DOI: 10.1016/j.pbi.2010.09.008.

Поступила в редакцию 21.02.2023

Принята к публикации 07.03.2023

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БАКОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ

Ирина Мироновна Ханиева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Залим-Гери Султанович Шибзухов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Мурат Владимирович Кашуков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Камалудин Газимагомедович Магомедов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Алий Леонидович Бозиев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский Государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия
E-mail: imhanieva@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по выявлению эффективности применения препаратов *Актофит*, *Лепидоцид*, *Актара*, *Актеллик*, *Адмирал* и их баковые смеси против хлопковой совки в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики. Сахарная кукуруза – овощная культура, которая наиболее требовательна к условиям выращивания. На урожайность и качественные показатели початков сахарной кукурузы существенно влияют вредители: луговой мотылек, стеблевой мотылек, хлопковая совка, тля, шведская муха, пьявица. Самая опасная среди них – хлопковая совка, бороться с ней сложно. Период образования бабочек больше месяца, за это время появляется несколько поколений. Она наносит неисправимый ущерб, если не предпринимать никаких мер по защите початков. Разные схемы обработок влияют не только на численность вредителя, но и поврежденность початков (учитывали боковые повреждения). При реализации початков с верхним повреждением можно отсечь поврежденную часть и представить как товарную, а при боковом – бракуется весь початок. Химические и биологические обработки заметно снизили количество боковых поврежденных початков. Это связано с тем, что численность особей резко уменьшилась, не успевала размножиться по боковым сторонам початков. Установлено, что без применения обработок длина поврежденных початков доходила до 3,5 см. В вариантах с баковой смесью *Актара* + *Адмирал* она составила 1,3 см, с *Актара* + *Актеллик* – 1,5 см. Таким образом, определена лучшая схема обработок: 1. *Актара* + *Актеллик* (0,1 + 0,5 л/га); 2. *Актара* + *Адмирал*, (0,1 + 0,5 л/га), в которой были наименьшие показатели: количество испорченных початков, длина повреждения, количество початков с боковыми повреждениями, процент товарного урожая был выше.

Ключевые слова: Кабардино-Балкарская Республика, сахарная кукуруза, хлопковая совка, степень повреждения, сорт *Алина*, биологические препараты, химические препараты, товарность

EFFICIENCY OF TANK MIXES USAGE TO PROTECT SWEET CORN FROM PESTS

I.M. Khanieva, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor
Z.-G. S. Shibzukhov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
M.V. Kashukov, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor
K.G. Magomedov, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor
A.L. Boziev, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Federal state budgetary educational institution of higher professional education
“Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V.M. Kokov”, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia
E-mail: imhanieva@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study to identify the effectiveness of the use of *Aktofit*, *Lepidocid*, *Aktara*, *Aktellik*, *Admiral* and their tank mixtures against cotton budworm in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. Sweet corn is a vegetable crop that is the most demanding on growing conditions and requires attention to itself. It is especially important to obtain high-quality sweet corn cobs. The yield and quality indicators of sweet corn cobs are significantly affected by such pests: meadow moth, stalk moth, cotton budworm, aphids, swedish fly, chickweed. The most dangerous among them is the cotton budworm, it is difficult to deal with it. The period of formation of butterflies is more than a month, during which time several generations appear. The cotton bollworm causes irreparable damage if no measures are taken to protect the cobs. The usage of different treatment schemes affected not only the number of the pest, but also the damage to the cobs, taking into account the lateral damage to the cobs. When selling cobs with upper damage, it is possible to cut off the damaged part and present it as a marketable one, and in case of lateral damage, the entire cob is rejected. Having carried out chemical and biological treatments, the number of lateral damaged cobs was noticeably reduced. This is due to the fact that the number of individuals decreased sharply and did not have time to breed on the sides of the cobs. It was found that without the use of treatments, the length of damage to the cobs reached 3.5 cm. In the variants with the *Aktara* + *Admiral* tank mixture, the length of damage to the cobs was 1.3 cm, and as *Aktara* + *Aktellik* – 1.5 cm. Thus, the best treatment scheme was determined: 1. *Aktara* + *Aktellik* (0.1 + 0.5 l/ha); 2. *Aktara* + *Admiral*, (0.1 + 0.5 l/ha), which had the lowest indicators: the number of damaged ears, the length of the damage and the number of ears with lateral damage, as well as the percentage of marketable yield was higher.

Keywords: Kabardino-Balkarian Republic, sweet corn, cotton scoop, degree of damage, *Alina* grade, biological preparations, chemicals, marketability

Сахарная кукуруза – один из лидеров по питательности и легкоусвояемости содержащихся в ней углеводов, белков и витаминов среди возделываемых овощных культур. По официальным источникам ее выращивают более чем в 80 странах мира на площади почти 400 тыс. га. [1, 4, 5] Первое место в мире по площадям и потреблению на душу населения занимают США. В России ее посевные площади преимущественно на юге. [14] Валовый сбор кукурузы в России составляет около 14 млн т зерна, из них сахарная кукуруза около 1%. [3, 7–10]

В последние годы в Кабардино-Балкарии наблюдается увеличение площадей сахарной кукурузы. На урожайность и качественные показатели початков существенно влияют вредители: луговой мотылек, стеблевой мотылек, хлопковая совка, тля, шведская муха, пьявица. [11–13] Особенно опасна среди них – хлопковая совка, бороться с ней достаточно сложно. Период образования бабочек больше месяца, за это время появляется несколько поколений, что затрудняет выбор систем защиты и подбор инсектицидов. В таких случаях прибегают к баковым смесям, которые более эффективные. [9, 11, 13]

Цель работы – подобрать баковые смеси и сравнить их с биопрепаратами для эффективной защиты сахарной кукурузы от хлопковой совки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в хозяйстве ООО «Юг-Агро», находящееся в черте г. Нальчик (предгорная зона КБР). Общая площадь – 60 га, из них посеvy чеснока и теплицы занимают 40 га, сахарная кукуруза – 20. Почва – выщелоченный чернозем с содержанием гумуса 3...4%. Почти на всей территории есть возможность капельного полива. Семена выбрали отечественной селекции сорта *Алина*. Посев осуществляли в III декаде апреля. Норма высева – 55 тыс. семян/га.

За вегетационный период проводили обработку препаратами три раза без учета численности вредителя. Первая – в фазе трех-четырех листьев, вторая – шести-восьми листьев, третья – выбрасывания метелки.

Площадь делянки в опытах – 25 м². Учитывали эффективность инсектицидов на 5-й, 10-й и 15-й день после обработки. Расположение делянок систематическое. Данные статистически обрабатывали по методике Б.А. Доспехова.

Биологические препараты Актофит и Лепидоцид успешно применяют в защитных мероприятиях зерновых культур и кукурузы, в том числе от разных вредителей. Изучили экологически безопасные препараты на посевах сахарной кукурузы и их эффективность против хлопковой совки, а также инсектициды широкого действия (Актеллик, Актара, Адмирал). [6]

Схема опыта:

1. Контроль (без обработки); 2. Актофит, норма расхода 1,8 л/га; 3. Лепидоцид, 2 л/га; 4. Актара (5 г/л), 0,2 л/га; 5. Адмирал, КЭ (5 г/л), 0,5 л/га; 6. Актеллик, КЭ (500 г/л), 1,5 л/га; 7. Актара (5 г/л) + Адмирал, КЭ (50 г/л), 0,1 + 0,5 л/га; 8. Актара (5 г/л) + Актеллик, КЭ (50 г/л), 0,1 + 0,5 л/га.

Обработки проводили в установленных фазах развития сахарной кукурузы преимущественно в вечерние часы. Интервал между обработками – 10...15 дней.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Учитывали гибель хлопковой совки на посевах сахарной кукурузы через каждые три дня (табл. 1). На третий день после обработки гибель гусениц с применением препарата Актофит составила 24,2%, шестой – 36,5, девятый – 37,5%. Результаты использования препарата Лепидоцид показали гибель совки на уровне 29,1% (третий день после обработки), шестой – 33,1, девятый – 34,4%.

Наибольшая эффективность оказалась у химических препаратов. После использования Актары на третий день гибель совки составила 91,3%, шестой – 95,7, на девятый резко снизилась до 82,4%. Это связано с тем, что действие препарата быстро теряет силу.

В варианте с применением Адмирала эффективность на третий день после обработки была 77,1%, шестой – 80,1, девятый – 68,5%.

При использовании баковой смеси Актара + Адмирал на третий день погибло 87,6% особей, шестой – 89,4, девятый – 87,7%. Применение данной смеси показало устойчивость и эффективность.

Обработка Актарой + Актеллик на третий день привела к гибели хлопковой совки – 82,6%, на шестой наблюдали устойчивую работу смеси, гибель составила 84,3%, на девятый – 83%.

Препараты эффективно подействовали на сокращение популяции хлопковой совки. На третий день после обработки наибольшая эффективность была у Актары, но со временем резко снижалась. Баковые смеси показали высокую эффективность и наиболее продолжительное действие после обработки.

Препараты, оказывая влияние на снижение численности популяции совки, также предотвращают поврежденность початков сахарной кукурузы (учитывали боковые повреждения). Степень повреждения имеет большое значение при определении товарности початков. При реализации початков

Таблица 1.
Эффективность применения препаратов против хлопковой совки при выращивании сахарной кукурузы сорта Алина (среднее за 2021–2022 годы)

Вариант	Норма расхода, л/га	Гибель хлопковой совки, %		
		третий день	шестой день	девятый день
Актофит	2,0	24,2	36,5	38,5
Лепидоцид	2,0	29,1	33,1	34,4
Актара	0,2	91,3	95,7	82,4
Адмирал	0,5	77,1	80,1	68,5
Актеллик	1,5	81,3	82,6	78,4
Актара + Адмирал	0,1+0,5	87,6	89,4	87,7
Актара + Актеллик	0,1+0,5	82,6	84,3	83,0
НСР ₀₅		1,8	1,9	2,0

Таблица 2.
Влияние препаратов на снижение поврежденности початков сахарной кукурузы гусеницами хлопковой совки (среднее за 2021–2022 годы)

Вариант	Количество		Длина повреждения початка, см	Наличие вредных веществ в початке
	поврежденных початков из 100 шт.	товарных початков, %		
Контроль (без обработок)	22	54	3,7	0
Актофит	8	68	2,8	0
Лепидоцид	7	70	2,4	0
Актара	5	89	1,8	0
Адмирал	6	83	1,9	0
Актеллик	5	84	1,7	0
Актара + Адмирал	3	91	1,3	0
Актара + Актеллик	4	90	1,5	0

с верхним повреждением можно отсечь испорченную часть и представить как товарную, а при боковом бракуется весь початок. После химических и биологических обработок количество боковых поврежденных початков заметно снизилось. Это связано с тем, что численность особей резко сократилась и не успевала размножаться по боковым сторонам початков.

На контрольном варианте длина повреждений доходила до 3,7 см, количество товарных початков на уровне 54%. Самые эффективные в данном опыте варианты с баковыми смесями. В варианте Актара + Адмирал длина повреждения початков – 1,3 см, Актара + Актеллик – 1,5 см (табл. 2).

Таким образом, лучшая схема обработок: Актара + Адмирал и Актара + Актеллик. При их использовании выход товарных початков сахарной кукурузы составил около 90% и количество поврежденных початков наименьшее (максимум – 3...4 шт./100 початков). Так как початки сахарной кукурузы идут в пищу, важно знать количественное содержание вредных примесей в зернах сахарной кукурузы после обработок пестицидами. В наших опытах вредные вещества в початках не были обнаружены.

Выводы. При выращивании сахарной кукурузы хлопковая совка успевает давать два-три поколения, если среднесуточная температура воздуха долгое время держится около 22°C и мало осадков. Рекомендуем проводить обработку растений сахарной кукурузы сорта *Алина* в предгорной зоне КБР против хлопковой совки, используя баковые смеси Актара + Адмирал и Актара + Актеллик.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анцупова Т.Е., Казанок Т.С. Разработка системы защиты сахарной кукурузы против хлопковой совки // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 13. С. 127–130.
2. Анцупова Т.Е. Вредоносность хлопковой совки в агроценозе кукурузы в условиях Ростовской области / Научное обеспечение агропромышленного комплекса. / Сб. статей по мат. 71-й науч.-практ. конф. препода-

вателей по итогам НИР за 2015 год. Ответственный за выпуск А.Г. Кощаев. 2016. С. 74–75.

3. Атаева А.У. Эффективность производства сахарной кукурузы / Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания. / Сб. науч. статей 3-й Межд. науч.-практ. конф. Курск, 2021. С. 56–57.
4. Багринцева В.Н., Кузнецова С.В. Хлопковая совка на кукурузе в Ставропольском крае // Защита и карантин растений. 2018. № 7. С. 32–34.
5. Багринцева В.Н., Кузнецова С.В., Ивашенко И.Н. и др. Рекомендации по защите кукурузы от хлопковой совки. Пятигорск, 2017.
6. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2020 год (утв. Минсельхозом России) (по состоянию на 06.08.2020).
7. Селивёрстова Д.М. Эффективность производства сахарной кукурузы // Аллея науки. 2020. № 2 (41). С. 251–253.
8. Сотченко В.С., Багринцева В.Н. Технология возделывания кукурузы // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № S2. С. 79–84.
9. Тарчоков Х.Ш., Хромова Л.М., Урусов А.К. Провести оценку эффективности биологических и химических препаратов в борьбе с хлопковой совкой на посевах кукурузы // Отчет о НИР (филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»).
10. Ханиева И.М., Шибзухов З.С., Шогенов Ю.М. Влияние сортовых особенностей и сроков посева на урожайность сахарной кукурузы в Кабардино-Балкарии // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 2 (34). С. 102–108.
11. Хромова Л.М., Шипшева З.Л., Хромова Д.А. Как защитить посевы кукурузы от вредных организмов // Защита и карантин растений. 2018. № 12. С. 29–31.
12. Шабатуков А.Х., Хромова Л.М. Биологический контроль болезней кукурузы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 3 (35). С. 78–82.
13. Шидова Л.Х., Шипшева З.Л., Кимова Д.А., Хромова Л.М. Хозяйственная и экономическая эффективность инсектицидов в борьбе с хлопковой совкой // Аграрная Россия. 2021. № 8. С. 24–27.
14. Ezaov A., Shibzukhov Z.G., Shibzukhova Z., Khantsev M., Beslaneev B. Prospects and technology of cultivation of organic vegetable production on open ground in southern russia conditions // E3S Web of Conferences. Ser. “International Scientific and Practical Conference “Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad”, DAIC 2020” 2020. С. 2003.

REFERENCES

1. Ancupova T.E., Kazanok T.S. Razrabotka sistemy zashchity saharnoj kukuruzy protiv hlopkovoj sovki // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. № 13. S. 127–130.
2. Ancupova T.E. Vredonosnost' hlopkovoj sovki v agroce-noze kukuruzy v usloviyah Rostovskoj oblasti / Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. / Sb. statej po mat. 71-j nauch.-prakt. konf. prepodavatelej po ito-gam NIR za 2015 god. Otvetstvennyj za vypusk A.G. Ko-shchaev. 2016. S. 74–75.

3. Ataeva A.U. Effektivnost' proizvodstva saharnoj kukuruzy / Problemy konkurentosposobnosti potrebitel'skih tovarov i produktov pitaniya. / Sb. nauch. statej 3-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. Kursk, 2021. S. 56–57.
4. Bagrineva V.N., Kuznecova S.V. Hlopkovaya sovka na kukuruze v Stavropol'skom krae // Zashchita i karantin rastenij. 2018. № 7. S. 32–34.
5. Bagrineva V.N., Kuznecova S.V., Ivashenko I.N. i dr. Rekomendacii po zashchite kukuruzy ot hlopkovoj sovki. Pyatigorsk, 2017.
6. Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimičeskih sredstv, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii. 2020 god (utv. Minsel'hozom Rossii) (po sostoyaniyu na 06.08.2020).
7. Selivyorstova D.M. Effektivnost' proizvodstva saharnoj kukuruzy // Alleya nauki. 2020. № 2 (41). S. 251–253.
8. Sotchenko V.S., Bagrineva V.N. Tekhnologiya vozdeleyvaniya kukuruzy // Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № S2. S. 79–84.
9. Tarchokov H.Sh., Hromova L.M., Urusov A.K. Provesti ocenku effektivnosti biologičeskih i himičeskih preparatov v bor'be s hlopkovoj sovkoj na posevah kukuruzy // Otchet o NIR (filial Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo nauchnogo uchrezhdeniya «Federal'nyj nauchnyj centr «Kabardino-Balkarskij nauchnyj centr Rossijskoj akademii nauk»).
10. Hanieva I.M., Shibzuhov Z.S., Shogenov Yu.M. Vliyanie sortovyh osobennostej i srokov poseva na urozhajnost' saharnoj kukuruzy v Kabardino-Balkarii // Problemy razvitiya APK regiona. 2018. № 2–(34). S. 102–108.
11. Hromova L.M., Shipsheva Z.L., Hromova D.A. Kak zashchitit' posevy kukuruzy ot vrednyh organizmov // Zashchita i karantin rastenij. 2018. № 12. S. 29–31.
12. Shabatukov A.H., Hromova L.M. Biologičeskij kontrol' boleznij kukuruzy v usloviyah stepnoj zony Kabardino-Balkarii // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. № 3 (35). S. 78–82.
13. Shidova L.H., Shipsheva Z.L., Kimova D.A., Hromova L.M. Hozyajstvennaya i ekonomičeskaya effektivnost' insekticidov v bor'be s hlopkovoj sovkoj // Agrarnaya Rossiya. 2021. № 8. S. 24–27.
14. Ezaov A., Shibzuhov Z.G., Shibzuhova Z., Khantsev M., Beslaneev B. Prospects and technology of cultivation of organic vegetable production on open ground in southern russia conditions // E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad", DAIC 2020" 2020. S. 2003.

Поступила в редакцию 03.02.2023

Принята к публикации 16.02.2023

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ С УЧАСТИЕМ ТОПИНАМБУРА В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ*

Любовь Павловна Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Елена Алексеевна Кондратюк, кандидат экономических наук

Лаборатория агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований

Карельского научного центра Российской академии наук, п. Новая Вилга, Республика Карелия, Россия

E-mail: jelenkon@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения технологии выращивания топинамбура с многолетними бобово-злаковыми травами на территории Республики Карелия. Наибольшую урожайность сухой массы (9,3 т/га) обеспечил совместный агрофитоценоз с участием *Helianthus tuberosus* L. относительно контроля – тимофеевка + кострец + клевер (7,9 т/га). Включение топинамбура способствовало повышению продуктивности многолетних травостоев (7,99 тыс. корм. ед., 97,0 ГДж обменной энергии, 1,34 т сырого протеина/га). Установлено, что ассоциации топинамбура и бобово-злаковых многолетних трав экономически наиболее целесообразны. Максимальное значение агроэнергетического коэффициента по обменной энергии получено в варианте: тимофеевка + кострец + клевер + топинамбур.

Ключевые слова: агрофитоценозы, топинамбур, экономическая и энергетическая эффективность, Республика Карелия

ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF PERENNIAL AGROPHYTOCENOSSES WITH THE JERUSALEM ARTICHOKE PARTICIPATION IN THE KARELIA CONDITIONS

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

E.A. Kondratyuk, *PhD in Economic Sciences*

Laboratory of agricultural technologies “Vilga”, Department of Multidisciplinary Scientific Research
of the Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Novaya Vilga village, Republic of Karelia, Russia

E-mail: jelenkon@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the research of cultivation technology of topinambur with perennial legumes and grasses in the Republic of Karelia. The highest dry mass yield (9.3 t/ha) has been achieved by joint agrophytocenosis with *Helianthus tuberosus* L. in comparison with the control of timothy grass + brome grass + clover (7.9 t/ha). Inclusion of topinambur has increased productivity of perennial stands of grass (7.99 thousand fodder units, 97.0 GJ of metabolizable energy, 1.34 t of crude protein per 1 ha). On the basis of economic and energy efficiency, it has been proved that agrophytocenoses of topinambur and perennial legumes and grasses are the most economically efficient. The maximum value of the agro-energy coefficient in terms of metabolizable energy has been obtained in the following variant: timothy grass + brome grass + clover + topinambur.

Keywords: agrophytocenoses, topinambur, economic and energy efficiency, Republic of Karelia

Кормопроизводство играет ключевую роль в рациональном природопользовании, сохранении ценных сельскохозяйственных угодий, улучшении экологической обстановки территорий, а также определяет состояние животноводства. Благополучие и продолжительность хозяйственного использования продуктивного поголовья молочного скота во многом зависят от производства высококачественных кормов. Полная реализация биологического потенциала животных возможна только при сбалансированном кормлении с учетом потребностей в питательных веществах.

За 2011–2020 годы в Республике Карелия объемы заготовок сена снизились из-за производства силоса (табл. 1). В кормопроизводстве чаще используют многолетние бобово-злаковые травостои с включением клевера лугового. Для увеличения

урожайности трав перспективно расширять видовой состав кормовых растений, среди которых высоким адаптивным потенциалом обладает топинамбур.

В условиях длинного светового дня его рекомендуют выращивать для получения листостебельной массы, характеризующейся высокой продуктивностью и биологической ценностью. [3, 7–9, 10, 14] Урожайность зеленой массы *H. tuberosus* на севере Европейской части России достигает 80 т/га (Вологодская область – 46, Архангельская – 24,4..44,2 т/га), процент сухого вещества – 22...26, в 100 кг содержится 18...20 корм. ед. (до 70...90 г и более переваримого протеина / корм. ед.). [2, 4] Топинамбур используют для заготовки сухих и сочных объемистых кормов. Растительная масса культуры, содержащая до 25...30% (к сухому веществу) сахаров, хорошо сочетается с однолетними и многолетними травами. [12]

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

Таблица 1.

Динамика посевной площади кормовых культур и производства основных кормов в Республике Карелия

Показатель	Год									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Посевная площадь кормовых культур, тыс. га	27,7	25,2	26,0	26,2	26,5	27,4	27,5	27,3	28,7	25,6
Силос, тыс. т	27,5	25,8	30,5	25,1	34,6	31,3	23,3	23,5	41,5	39,2
Сено многолетних трав, тыс. т	14,2	11,2	12,4	12,7	13,2	9,1	10,8	8,2	9,7	8,6

Из-за высокого содержания сухих веществ силос получается хорошего качества, в процессе силосования рН снижается до 3,9...4,2. [6]

Выращивание топинамбура в составе комбинированных посевов – существенный резерв увеличения производства кормов растительного происхождения.

Цель работы – оценка экономической и энергетической эффективности многолетних агрофитоценозов с включением *H. tuberosus* в почвенно-климатических условиях Республики Карелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт проведен на базе лаборатории агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (КарНЦ РАН).

Эффективность выращивания кормовых культур во второй и третий годы жизни растений (2020–2021) оценивали, используя трехкомпонентные бобово-злаковые травостой клевера гибридного (сорт *Первенец*) или люцерны изменчивой (*Агния*), костреца безостого (*Воронежский 17*), тимофеевки луговой (*Олонецкая местная*), а также совместные агрофитоценозы с полосным чередованием (через 1,25 м) топинамбура и травосмесей. Контроль – смешанные бобово-злаковые травостой с участием клевера (или люцерны) и злаковых компонентов.

Перед посевом семена бобовых культур инокулировали штаммами ризоторфина. Посев многолетних трав беспокровный. Для весенней посадки использовали клубни топинамбура местных форм *H. tuberosus*. Масса одного клубня – 10...12 г, норма посадки – 28 тыс. шт./га, схема – 50 × 70 см, площадь учетной делянки – 20 м², повторность четырехкратная, метод размещения вариантов рендомизированный.

Из-за медленного роста растений топинамбура в первой половине вегетации его листостебельную массу убирали в сроки проведения второго укоса многолетних трав. В опытах с кормовыми культурами учитывали урожайность зеленой и сухой массы, биоэнергетическую и протеиновую продуктивность. На основе технологических карт рассчитали прямые затраты на возделывание многолетних кормовых культур, а также определили экономический эффект, положительное значение которого характеризует результативность использования производственных ресурсов на единицу площади. [1] Энергетическую эффективность оценивали с привлечением агроэнергетического коэффициента (АК) по выходу обменной энергии. [13] Технология считается эффективной, если указанный коэффициент более одного (в процентах – более 100).

Экспериментальные исследования с многолетними бобово-злаковыми травами и топинамбуром про-

водили согласно методикам полевого опыта. [5, 11] Биохимические показатели определяли на научном оборудовании КарНЦ РАН (спектрофотометр СФ-2000, атомно-абсорбционный спектрофотометр АА-7000, потенциометр Анион 4100). Обработку данных и расчет эффективности возделывания кормовых культур осуществляли с помощью программы Microsoft Excel.

В годы исследований полевые сезоны характеризовались вариабельностью метеорологических показателей, что негативно повлияло на формирование биомассы многолетних кормовых культур. В 2020 году недостаточная и неравномерная влагообеспеченность сочеталась с повышенной среднемесячной температурой воздуха в первой половине вегетации и снижением ее во второй. Особенность 2021 года заключалась в очень малом количестве осадков и повышенной среднемесячной температуре воздуха на протяжении всего полевого сезона.

Почва участка дерново-подзолистая, хорошо окультуренная легкосуглинистая. Содержание подвижных форм фосфора и калия высокое – до 439 и 301 мг/кг соответственно. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН_{сол.} – до 5,3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В среднем за два года пользования смешанных и совместных ассоциаций изученных культур установлена тенденция снижения ростовых процессов трав ко второму укосу. В основном это связано с дефицитом почвенной влаги и неравномерным распределением осадков в межукосные периоды вегетации.

Топинамбур к первому укосу многолетних трав (вторая половина июня) еще не сформировал достаточный урожай листостебельной массы. Средние показатели длины его стеблей и количества листьев – 49,3 см и 11,4 шт. Ко времени учета урожая зеленой массы топинамбура вышеуказанные значения увеличились вдвое, массовая доля его в совместных агрофитоценозах постепенно возросла в среднем до 57,7%.

Особенность флористического состава, разная интенсивность роста и развития кормовых растений обусловили формирование неодинакового урожая надземной массы. При выращивании топинамбура с многолетними бобово-злаковыми травами увеличился сбор урожая биомассы, особенно в варианте с клевером гибридным (табл. 2). В совместных агрофитоценозах максимальные значения энергетической продуктивности за два укоса (7,99 тыс. корм. ед., 97,0 ГДж обменной энергии и 1,34 т сырого протеина/га) превышали показатели смешанных травостоев. Сухая биомасса более

Продуктивность, питательная ценность и экономическая эффективность многолетних агрофитоценозов с включением топинамбура

Показатель	Единицы измерения	Вариант опыта			
		тимофеевка + коострец + клевер	тимофеевка + коострец + люцерна	тимофеевка + коострец + клевер + топинамбур	тимофеевка + коострец + люцерна + топинамбур
Урожайность биомассы					
Зеленая масса		35,3	26,1	37,7	35,5
Сухая масса	т/га	7,9	6,5	9,3	9,0
Энергетическая и протеиновая продуктивность					
Кормовые единицы	тыс./га	7,40	5,44	7,99	7,74
Обменная энергия	ГДж/га	84,45	65,9	97,0	92,7
Сырой протеин	т/га	1,0	0,96	1,11	1,34
Всего прямых затрат на производство					
Сухая масса	руб./т	379,2	570,4	380,1	445,9
Кормовые единицы	руб./к.ед.	1,8	2,7	1,8	2,1
Сырой протеин	руб./кг	13,4	15,5	12,9	11,8
Экономический эффект					
Сухая масса		–	–	532,14	1114,75
Кормовые единицы	руб./га	–	–	1062,0	4830,0
Сырой протеин		–	–	1419,0	4484,0
Энергетическая эффективность					
Затраты совокупной энергии	ГДж/га	39,8	39,8	43,6	43,6
АК (по обменной энергии)	коэф.	2,12	1,66	2,22	2,13

сложных по составу ассоциаций кормовых культур характеризовалась высоким содержанием сырого протеина – до 20,24...21,43%. Обеспеченность 1 корм. ед. и 1 МДж обменной энергии переваримым протеином достигала 177...188 и 15,8...16,3 г соответственно. Энергонасыщенность 1 кг сухой массы – 1,05 корм. ед. и 11,4 МДж. При анализе питательной ценности сухой массы бобово-злаковых травостоев содержание сырого протеина – 18,32...24,13%. Обеспеченность 1 корм. ед. и 1 МДж обменной энергии – 152...222 и 13,8...18,9 г соответственно, концентрация энергии в 1 кг сухого вещества – 1,03 корм. ед. и 11,3 МДж.

По сравнению с контрольными вариантами включение топинамбура, обеспечившее повышение продуктивности агрофитоценозов за два укоса, способствовало снижению прямых затрат в расчете на единицу продукции. Максимальный экономический эффект получен в варианте тимофеевка + коострец + люцерна + топинамбур (табл. 2).

Важный показатель энергоэффективности возделывания кормовых растений – агроэнергетический коэффициент, который отражает отношение аккумулированной фотосинтетической энергии произведенной продукции растениеводства к сумме совокупных затрат на ее получение. Расчеты показали, что на фоне относительно низкого уровня совокупных затрат при выращивании многолетних бобово-злаковых культур, участие топинамбура в составе агрофитоценозов способствовало более высокому выходу обменной энергии и, следовательно, повышению окупаемости энергозатрат.

Выводы. В условиях Карелии полосный способ культивирования топинамбура и трехкомпонентных многолетних бобово-злаковых травостоев (с участием тимофеевки луговой, коостреца без-

остого, люцерны изменчивой или клевера гибридного) обеспечивает с 1 га до 9,3 т сухой биомассы, 7,99 тыс. корм. ед. энергетической продуктивности, 97,0 ГДж обменной энергии, 1,34 т сырого протеина, в смешанных бобово-злаковых травостоях – 7,9, 7,40, 84,4 и 1,0 соответственно. В совместных ассоциациях кормовых культур сухая биомасса отличалась высоким содержанием сырого протеина – до 21,43%. Концентрация энергии в 1 кг сухого вещества – 1,05 корм. ед. и 11,4 МДж, обеспеченность 1 корм. ед. и 1 МДж переваримым протеином – 188 и 16,3 г соответственно.

Многолетние агрофитоценозы с включением топинамбура характеризуются высокими показателями урожайности биомассы, протеиновой продуктивности, а также экономической и энергетической эффективностью возделывания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Беспятовых В.И., Лукин А.С., Лукина Е.В. Методические рекомендации по расчету технологических карт и оптимизации технологических уровней растениеводства на основе применения информационных технологий. Киров: Вятская ГСХА, 2008. 63 с.
- Вагунин Д.А., Иванова Н.Н., Амбросимова Н.Н. Многолетние травостои на основе новых сортов козлятника восточного и интенсивных видов злаковых трав // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 6 (1). С. 97–100.
- Виноградова А.В., Паклина О.В., Анашкина Е.Н. Топинамбур – перспективное сырье биотехнологии // Вестник Пермского государственного технического университета. Химическая технология и биотехнология. 2010. № 11. С. 137–142
- Донских Н.А., Никулин А.Б. Травостои козлятника восточного для лугового кормопроизводства в Северо-

- ро-Западном регионе РФ // Кормопроизводство. 2017. № 6. С. 6–10.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
 6. Дьяченко В.В., Дронов А.В., Дьяченко О.В. Высокоурожайные бобово-мятликовые травосмеси для агроклиматических условий юго-западной части Центрального региона // Земледелие. 2016. № 7. С. 31–35.
 7. Зеленков В.Н., Романова Н.Г. Топинамбур: агробиологический портрет и перспективы инновационного применения. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 85 с.
 8. Икконен Е.Н., Фомина Ю.Ю., Шерудило Е.Г. и др. Эколого-физиологическая характеристика и оценка перспективности выращивания *Hellianthus tuberosus* L. на территории Карелии // Электронный журнал «Вестник МГОУ». 2014. № 1. С. 1–13.
 9. Коломейченко В.В. Растениеводство / Учебник. М.: Агробизнесцентр, 2007. С. 349–353.
 10. Кшникаткина А.Н. Нетрадиционные культуры – резерв в решении проблемы растительного сырья для биотоплива // Нива Поволжья. 2008. № 1 (6). С. 9–11.
 11. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
 12. Мишуров В., Рубан Г., Скупченко Л. Культура топинамбура. Практический опыт внедрения в сельскохозяйственное производство на севере. [Электронный ресурс], режим доступа: <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-55/05.html> (11.11.2022).
 13. Михайличенко Б.П., Шпаков А.С., Кутузова А.А. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем ведения кормопроизводства. М.: Россельхозакадемия, 2000. 53 с.
 14. Основные сведения о топинамбуре. [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.topinambour.ru/allofhelth/120608012833.html> (30.1.2022).
 15. Республика Карелия. Статистический ежегодник. [Электронный ресурс], режим доступа: [https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011\(2\).pdf](https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011(2).pdf) (30.11.2022).
- REFERENCES**
1. Bespyatyh V.I., Lukin A.S., Lukina E.V. Metodicheskie rekomendacii po raschetu tekhnologicheskikh kart i optimizacii tekhnologicheskikh urovnej rastenievodstva na osnove primeneniya informacionnykh tekhnologij. Kirov: Vyatskaya GSKHA, 2008. 63 s.
 2. Vagunin D.A., Ivanova N.N., Ambrosimova N.N. Mno-goletnie travostoi na osnove novykh sortov kozlyatnika vostochnogo i intensivnykh vidov zlakovykh trav // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2019. № 6 (1). S. 97–100.
 3. Vinogradova A.V., Paklina O.V., Anashkina E.N. Topinambur – perspektivnoe syr'e biotekhnologii // Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya. 2010. № 11. S. 137–142.
 4. Donskih N.A., Nikulin A.B. Travostoi kozlyatnika vostochnogo dlya lugovogo kormoproizvodstva v Severo-Zapadnom regione RF // Kormoproizvodstvo. 2017. № 6. S. 6–10.
 5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 s.
 6. D'yachenko V.V., Dronov A.V., D'yachenko O.V. Vysokourozhaynye bobovo-myatlikovyе travosmesi dlya agroklimaticheskikh uslovij yugo-zapadnoj chasti Central'nogo regiona // Zemledelie. 2016. N 7. S. 31–35.
 7. Zelenkov V.N., Romanova N.G. Topinambur: agrobiologicheskij portret i perspektivy innovacionnogo primeneniya. M.: RGAU-MSKHA, 2012. 85 s.
 8. Ikkonen E.N., Fomina Yu. Yu., Sherudilo E.G. i dr. Ekologo-fiziologicheskaya harakteristika i ocenka perspektivnosti vyra-shchivaniya *Hellianthus tuberosus* L. na territorii Karelii // Elek-tronnyj zhurnal «Vestnik MGOU». 2014. № 1. S. 1–13.
 9. Kolomejchenko V.V. Rastenievodstvo / Uchebnik. M.: Agrobiznes-centr, 2007. S. 349–353.
 10. Kshnikatkina A.N. Netradicionnye kul'tury – rezerv v reshenii problemy rastitel'nogo syr'ya dlya biotopliva // Niva Povolzh'ya. 2008. № 1 (6). S. 9–11.
 11. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovy-mi kul'turami. M.: Rossel'hozakademiya, 1997. 156 s.
 12. Mishurov V., Ruban G., Skupchenko L. Kul'tura topinambura. Prak-ticheskij opyt vnedreniya v sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo na severe. [Elektronnyj resurs], rezhim dostupa: <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-55/05.html> (11.11.2022).
 13. Mihajlichenko B.P., Shpakov A.S., Kutuzova A.A. Metodicheskoe po-sobie po agroenergeticheskoy ocenke tekhnologij i sistem vedeniya kormoproizvodstva. M.: Rossek-hozakademiya, 2000. 53 s.
 14. Osnovnye svedeniya o topinambure. [Elektronnyj resurs], rezhim dostupa: <http://www.topinambour.ru/allofhelth/120608012833.html> (30.1.2022).
 15. Respublika Kareliya. Statisticheskij ezhegodnik. [Elektronnyj resurs], rezhim dostupa: [https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011\(2\).pdf](https://krl.gks.ru/storage/mediabank/02011(2).pdf) (30.11.2022).

Поступила в редакцию 10.03.2023

Принята к публикации 24.03.2023

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ПОСАДКИ И УХОДА НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ СОРТОВ КАМЧАТСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Вера Васильевна Гайнатулина, кандидат сельскохозяйственных наук

Роман Ахтямович Хасбиуллин, младший научный сотрудник, аспирант

Ольга Ивановна Хасбиуллина, кандидат сельскохозяйственных наук

Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с. Сосновка, Камчатский край, Россия

E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

Аннотация. Изучено влияние различных технологических приемов посадки и ухода, отличающихся по количеству обработок и срокам формирования полного профиля гребня, на агрофизические свойства почвы, урожайность при возделывании новых сортов картофеля камчатской селекции для усовершенствования существующей технологии. Прикатывание почвы при посадке картофеля способствовало сохранению влаги в среднем на 1,6%. За период вегетации влажность почвы была наибольшей при посадке с прикатыванием и гребнеобразованием при массовых всходах и составила 36,65% (34,04% — контроль). В среднем за вегетацию объемная масса почвы в слое 0–15 см варьировала в пределах 0,64–0,66 г/см³ и была оптимальной для картофеля. Применение новых технологических приемов положительно отразилось на структурно-агрегатном состоянии почвы. Максимальные размеры гребня удалось сформировать при раннем гребнеобразовании с засыпкой всходов, высота гребня перед уборкой составила в среднем 24,5 см, площадь поперечного сечения — 930,4 см², увеличение к контролю — 16,0 см и 572,6 см² соответственно. Данный прием создавал благоприятные условия для развития и накопления урожая картофеля (Гейзер — 37,6, Вулкан — 33,3 т/га). Прикатывание почвы при посадке и гребнеобразовании в период массовых всходов картофеля способствовали повышению урожайности сорта Гейзер на 4,7 т/га (14,3%), Вулкан — 3,7 т/га (12,5%), из-за прикатывания почвы увеличение урожайности Гейзера составило в среднем 4,0%, Вулкана — 2,6%, гребнеобразования — 10,0 и 9,6% соответственно.

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

INFLUENCE OF PLANTING AND MAINTENANCE PRACTICES ON THE SOIL'S AGROPHYSICAL PROPERTIES, YIELD AND QUALITY OF POTATO VARIETIES OF KAMCHATKA BREEDING

V.V. Gainatulina, PhD in Agricultural Sciences

R.A. Khasbiullin, Junior Researcher, PhD Student

O.I. Khasbiullina, PhD in Agricultural Sciences

Kamchatka Research Institute of Agriculture, Sosnovka village, Kamchatka Territory, Russia

E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

Abstract. The influence of different technological methods of planting and care, different in the number of treatments and timing of formation of a full ridge profile on the agrophysical properties of soil, the formation of yields in the cultivation of new varieties of potatoes of Kamchatka breeding, to improve the existing technology was studied. Rolling the soil when planting potatoes, contributed to the conservation of moisture in the soil at an average of 1.6%. During the vegetation period soil moisture was the highest at potato planting with soil consolidation and ridging in the period of mass sprouts and made up 36,65% at 34,04% in the control. On the average during the vegetation period, the soil volume weight in the layer 0–15 cm varied within the range 0,64–0,66 g/cm³ and was optimal for potatoes. Application of new technological methods in growing potatoes had a positive effect on the structural and aggregate state of the soil. At different system of care during vegetation the maximum size of a ridge was formed at early ridge formation with filling of shoots, the ridge height before harvesting averaged 24.5 cm, and the area of cross-section 930.4 cm², increase to the control — 16.0 cm and 572.6 cm² respectively. This method created favorable conditions for the development and accumulation of potato yield, the yield of the variety Geyser was 37.6 t/ha, Vulkan — 33.3 t/ha. Covering of soil at planting and ridge forming during the period of mass potato shoots promoted the increase of the crop capacity of the variety Geyser by 4,7 t/ha (14,3%), Vulkan — 3,7 t/ha (12,5%), due to soil rolling the increase of the crop capacity on the variety Geyser was on the average 4,0%, Vulkan — 2,6%, due to ridge forming — 10,0%, 9,6% respectively.

Keywords: potatoes, varieties, soil rolling, ridge formation, humidity, yield, biochemical parameters, Kamchatka Territory

Картофель — сельскохозяйственная культура массового потребления, которая обеспечивает продовольственную независимость населения Камчатского края. Разработка приемов, направленных на сокращение технологических операций при возделывании картофеля без ущерба для урожая и качества клубней, приобретает первостепенное значе-

ние. [9] Усиливается актуальность этих разработок тем, что охристо вулканические почвы легкие по механическому составу имеют рыхлое сложение, подвержены смыву и выдуванию, плотность почвы под картофелем — 0,60...0,65 г/см³. Эти особенности почв полуострова позволяют проводить минимальную обработку. Поэтому вопросы по совершенствованию

технологических приемов, которые дают возможность достижения высоких урожаев, из-за реализации потенциальных возможностей сортов, актуальны в условиях Камчатского полуострова. [8] Совершенствование технологии возделывания картофеля процесс постоянный, оно должно соответствовать условиям территории и уровню развития производительных сил. [1, 6] В современном картофелеводстве для повышения урожайности и качества клубней актуальным остается внедрение в производство новых перспективных сортов с более высокой продуктивностью и устойчивостью к вредоносным патогенам, биологические особенности которых соответствуют местным природным условиям. [3] Потенциальная продуктивность сортов может быть реализована только с учетом их требований к агротехническим приемам в конкретных почвенно-климатических условиях. Применение технологии, разработанной для определенного сорта и зоны, на других сортах и в других почвенно-климатических условиях не всегда дает положительные результаты.

Цель работы – сравнительная оценка различных технологических приемов, включающих в себя способы посадки и ухода за растениями для получения урожая сортов картофеля камчатской селекции не ниже, чем при существующей технологии в Камчатском крае.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – новые сорта картофеля камчатской селекции *Вулкан* и *Гейзер*. Предмет изучения – технологические приемы посадки и ухода за растениями. Опыты закладывали в 2021–2022 годах на экспериментальном поле, расположенном в почвенно-климатической зоне Елизовского района Камчатского края. Обработка почвы перед посадкой – дискование зяби БДУ-2,1, культивация КПС-4 в два следа. Минеральные удобрения ($N_{40}P_{104}K_{104}$) вносили вразброс МХ-1200. Посадку проводили в I декаде июня картофе-

сажалкой с прикатыванием почвы и без. По схеме опыта высаживали 45 тыс. клубней/га, массой 50...60 г. В фазе массовых всходов подкармливали минеральными удобрениями ($N_{90}P_{80}$). Уход за растениями – одна междурядная обработка (рыхление) или гребнеобразование в период массовых всходов, окучивание до смыкания ботвы по схеме опыта. Против сорняков применяли гербицид Глибест 540 в дозе 2 л/га до всходов и Зенкор 500 г/га по всходам картофеля (опрыскиватель ОМП-601,1). Для защиты картофеля от фитофтороза проводили четыре обработки фунгицидами контактно-системного действия (Танос – 0,6 кг/га, Ридомил Голд МЦ – 2,5, Браво – 2,0, Танос – 0,6 кг/га). Для десикации ботвы использовали Реглон-форте из расчета 2,0 л/га за 14 дней до уборки урожая (27 августа). Убирали картофелеуборочным комбайном ТРН-7У-1, учитывая урожай с каждой делянки.

За контроль взята технология возделывания картофеля общепринятая для Камчатского края. [7] Опыт полевой, двухфакторный, площадь делянки – 200 м². Размещение делянок систематическое, повторность трехкратная. Применяли различные комбинации обработок, которые представлены в таблице 1.

Учеты и наблюдения проводили по методикам исследований картофеля ФГБНУ ВНИИКХ, проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. [4, 5] Результаты статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. [2]

По совокупности гидротермических показателей в 2021 и 2022 годах среднесуточная температура за июнь составила 10,7 и 11,2°C, что на 1,8 и 2,3°C выше среднееголетнего значения. Самый теплый месяц – июль, среднемесячная температура – 16,0 и 16,1°C при среднееголетней 12,5°C. Август и сентябрь 2022 года был теплее на 0,6 и 1,2°C, чем в 2021 и на 1,4 и 1,6°C выше среднееголетнего. Осадков в июне 2021 и 2022 годов выпало 52,9 и 27,0%, в июле – 76,0 и 53,0% нормы. Август и сентябрь 2021 года были сухими, за месяц выпало 18,9

Таблица 1.

Структурно-агрегатный состав почвы в посадках картофеля (пахотный горизонт 0...15 см), %

Вариант	Размер фракции макроагрегатов, мм					Всего макроагрегатов, %	Коэффициент структурности
	5	3	2	1	0,5		
20.06.							
Посадка без прикатывания почвы. Уход – рыхление (массовые всходы) и окучивание (до смыкания ботвы) – контроль	13,4	5,9	6,5	16,0	27,9	69,7	2,3
Посадка без прикатывания почвы. Уход – гребнеобразование	14,4	6,8	7,4	19,2	24,1	71,9	2,6
Посадка с прикатыванием почвы. Уход – рыхление (массовые всходы) и окучивание (до смыкания ботвы)	15,0	7,0	6,9	17,5	25,8	72,2	2,6
Посадка с прикатыванием почвы. Уход – гребнеобразование	16,5	7,2	6,8	18,0	25,3	73,8	2,8
14.09.							
Посадка без прикатывания почвы. Уход – рыхление (массовые всходы) и окучивание (до смыкания ботвы) – контроль	10,2	5,0	5,3	17,5	22,7	60,7	1,5
Посадка без прикатывания почвы. Уход – гребнеобразование	13,8	6,7	8,0	16,1	19,2	63,8	1,8
Посадка с прикатыванием почвы. Уход – рыхление (массовые всходы) и окучивание (до смыкания ботвы)	14,0	5,9	6,9	17,1	20,6	64,5	1,8
Посадка с прикатыванием почвы. Уход – гребнеобразование	13,0	6,5	7,1	16,9	20,6	64,1	1,8

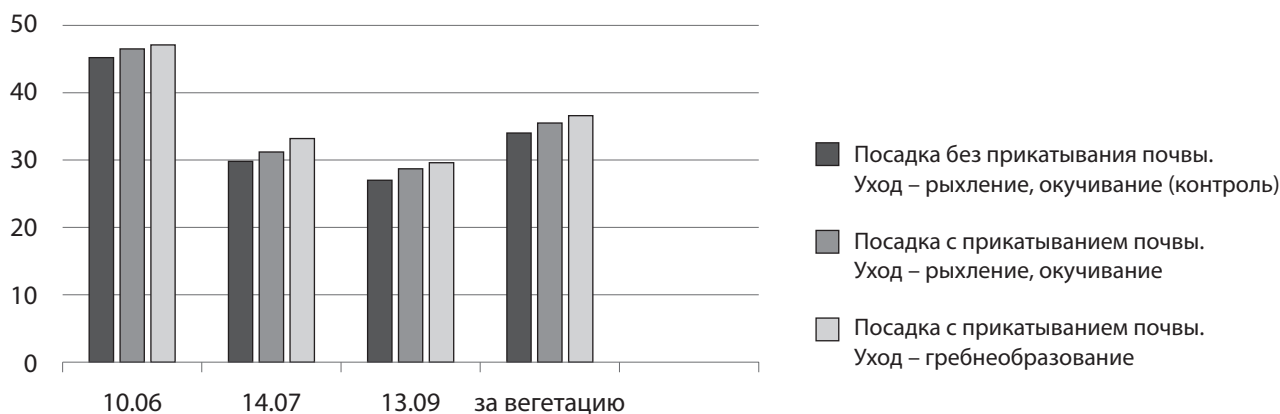


Рис. 1. Влажность почвы в зависимости от способов посадки и ухода за растениями картофеля, %.

и 46,3 мм (18,5 и 46,3% нормы), в 2022 – на 55,1 и 35,6% больше среднеемноголетних данных. Сумма активных температур более 10°C за вегетацию составила в 2021 – 1297,5°C, 2022 – 1377°, при средне-многолетней 1092°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Использование различных технологических приемов неоднозначно влияло на изучаемые показатели. Наблюдения за температурным режимом почвы в довсходовый период 2021 года (II и III декада июня) показали, что при посадке картофеля с прикатыванием, температура почвы в утренние часы (9:00) во II декаде июня составила 11,4°C, III – 13,0°, была выше на 0,2 и 0,4°, чем при посадке без прикатывания, в 2022 – выше на 0,4 и 0,6°C. В дневное время (16:00) почва прогревалась быстрее при посадке без прикатывания, температура в 2021 году выше на 0,6 и 0,7°C, 2022 – 0,6 и 0,9°C, чем с прикатыванием соответственно.

За вегетацию влажность почвы в большей степени обуславливается выпавшими осадками. Кроме того, она связана с плотностью почвы, при большем уплотнении влажность почвы выше, чем при рыхлом состоянии. Влажность почвы в I декаде июня находилась в пределах 43,84...47,14%, лучшая обеспеченность была на посадках картофеля с прикатыванием и по данным учета выше контроля в среднем на 1,6%. Благоприятный температурный режим и оптимальная влажность способствовали увеличению полевой всхожести картофеля в среднем на сортах *Гейзер* – 1,5%, *Вулкан* – 1,2% (рис. 1).

Во II декаде июля в этих же вариантах отмечено больше доступной влаги в среднем на 2,4% по сравнению с контролем, но влажность во всех вариантах была в 1,5 раза ниже, чем в июне, это связано с высокой температурой воздуха в июле (16,1°C, что выше на 3,6° среднеемноголетнего значения) и дефицитом осадков (выпало 61,9 мм или 64,5% нормы). Перед уборкой картофеля влажность почвы не превышала 29,60%, но в вариантах с прикатыванием была выше контроля на 1,71...2,58%. За вегетацию влажность почвы на глубине залегания клубней – 35,48...36,65%, прикатывание способствовало повышению влажности в среднем на 2,0% по сравнению с контролем. На легких вулканических почвах Камчатки оптимальная плотность

слоения пахотного горизонта для картофеля – 0,60...0,65 г/см³.

После посадки плотность почвы всех изучаемых вариантов колебалась от 0,64 до 0,66 г/см³, во II декаде июля она незначительно увеличивалась до 0,67 г/см³ из-за прикатывания при посадке и гребнеобразовании при уходе. В среднем за вегетацию объемная масса почвы в слое 0...15 см варьировала в пределах 0,64...0,66 г/см³ и была оптимальной для картофеля.

Применение новых технологических приемов при выращивании картофеля положительно отразилось на структурно-агрегатном состоянии почвы. После посадки количество макроагрегатов размером от 0,5 до 5 мм во всех вариантах опыта – 71,9...73,8%, что выше контроля на 2,2...4,1%, в конце вегетации – 63,8...64,5%, увеличение к контролю – 3,1...3,8% (табл. 1).

В период массовых всходов на всех вариантах было увеличение агрономически ценных почвенных макроагрегатов (5, 3 и 2 мм) в среднем на 1,9, 1,1; 0,5% по сравнению с контролем и снижение макроагрегатов фракции 0,5 мм на 2,8%. В конце вегетации картофеля та же закономерность, макроагрегаты размером 5, 3 и 2 мм увеличились к контролю на 3,4%, 1,4 и 2,0%, а 0,5 мм снизились на 2,6%.

При разной системе ухода формируются гребни неодинаковых размеров. В зависимости от количества междурядных обработок изменялась высота и площадь поперечного сечения гребня. На контроле последнее наращивание гребня проводили после окучивания перед смыканием ботвы, что увеличило высоту гребня с 8,5 до 20,6 см, а площадь поперечного сечения с 357,8 до 568,6 см² (табл. 2).

Максимальные размеры гребня удалось сформировать при раннем гребнеобразовании с засыпкой всходов, при этом сократить количество обработок на одну единицу и увеличить высоту гребня до 24,4...24,5 см, а площадь поперечного сечения до 912,6...948,2 см², против 8,5 см и 357,8 см² в контроле. По всем вариантам к моменту уборки произошло уменьшение размеров гребня при естественных условиях. Наибольший размер гребня сохранился при гребнеобразовании в период массовых всходов, высота его была выше контроля на 3,4...3,8 см, площадь поперечного сечения на 129,0...137,4 см², в контроле 17,8 см и 532,2 см² со-

Таблица 2.

Высота и площадь поперечного сечения гребня в зависимости от способов посадки и ухода

Вариант	Дата проведения учета					
	11.07. (рыхление или гребнеобразование с засыпкой всходов)		27.07. (окучивание перед смыканием ботвы)		30.08. (показатели перед уборкой)	
	высота, см	площадь поперечного сечения, см ²	высота, см	площадь поперечного сечения, см ²	высота, см	площадь поперечного сечения, см ²
Посадка без прикатывания почвы. Уход – рыхление и окучивание (контроль)	8,5	357,8	20,6	568,6	17,8	532,2
Посадка без прикатывания почвы. Уход – гребнеобразование	24,4	912,6	24,0	742,0	21,2	661,2
Посадка с прикатыванием почвы. Уход – рыхление и окучивание	7,7	326,5	20,9	589,4	18,1	537,6
Посадка с прикатыванием почвы. Уход – гребнеобразование	24,5	948,2	23,7	751,7	21,6	669,6

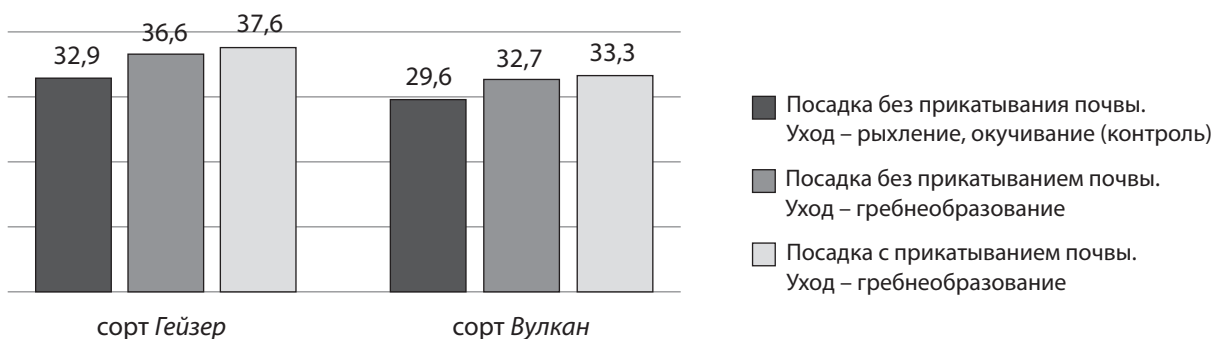


Рис. 2. Урожайность картофеля в зависимости от приемов посадки и ухода, т/га.

ответственно. Гребнеобразование, проведенное в период массовых всходов, помогло сформировать объемные гребни, которые лучше сохраняются до уборки урожая. Как показали исследования, в вариантах при раннем гребнеобразовании без прикатывания почвы и с ним, получена наибольшая урожайность сорта *Гейзер* – 36,6...37,6, *Вулкан* – 32,7...33,3 т/га (рис. 2).

Достоверные прибавки урожайности к контролю сортов: *Гейзер* – 3,7 и 4,7 т/га (11,2 и 14,3%), *Вулкан* – 3,1 и 3,7 т/га (10,5 и 12,5%), при урожайности в контроле 32,9 и 29,6 т/га соответственно. Прикатывание почвы при посадке и гребнеобразование при уходе способствовали увеличению урожайности из-за прикатывания сорта *Гейзер* в среднем на 4,0%, *Вулкан* – 2,6%, гребнеобразованием – 10,0%, 9,6% соответственно.

Оценивая сорта по основным хозяйственно ценным показателям отмечено увеличение товарных клубней в вариантах с гребнеобразованием без прикатывания почвы и с ним: *Гейзер* – на 3,3...3,7, *Вулкан* – 2,4...5,1%, в контроле 92,8 и 88,8%, при средней массе товарного клубня 84,8...87,8 и 81,1...85,2 г соответственно. Содержание крахмала и сухого вещества в клубнях картофеля варьировало в пределах 13,0...13,5% и 18,1...18,5% (*Гейзер*), 14,0...14,5% и 19,1...19,6% (*Вулкан*), в контроле – 12,8 и 17,8%; 13,6 и 18,7% соответственно. Наблюдаем тенденцию к увеличению данных показателей к контролю, отрицательного влияния от изучаемых приемов не было.

Таким образом, при возделывании картофеля сортов камчатской селекции в Камчатском крае

на охристо вулканических почвах, положительный результат получен при посадке с прикатыванием и без него и гребнеобразованием в фазе массовых всходов, что позволило сократить уход на одну обработку, увеличить урожайность картофеля в среднем на 12,1%, не снижая качественные показатели клубней по сравнению с существующей технологией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Башмакова О.Н., Будина Е.А. Эффективные агроприемы на картофеле в Кировской области // Картофель и овощи. 2015. № 11. С. 29–30.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1985. 416 с.
3. Зейрук В.Н., Анисимов Б.В., Деревягина М.К. и др. Система интегрированной экологически безопасной защиты картофеля от болезней, вредителей и сорняков: (Рекомендации). М., 2010. С. 6–10.
4. Методика исследований по культуре картофеля. М., НИИКС, 1967. 263 с.
5. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / [сост. С.В. Жевора, Л.С. Федотова, В.И. Старовойтов, В.Н. Зейрук, А.В. Коршунов и др.] ФГБНУ ВНИИКС. М., 2019. 120 с.
6. Николаева А.В., Шашкаров Л.Г. Влияние агротехнических приемов на рост и развитие растений картофеля // Агрэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий: материалы Всероссийской научно-практической кон-

- ференции, Чебоксары, 05 октября 2017 года. Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. С. 124–127. EDN: ZUXPKL.
7. Ряховская Н.И., Гайнатулина В.В., Власенко Г.П. и др. Система земледелия Камчатского края. ФГБНУ Камчатский НИИСХ, Петропавловск-Камчатский, 2015. 200 с.
 8. Серегина Н.И. Сорт, качество, технология – факторы высокой урожайности картофеля // Картофель и овощи. 2012. № 6. С. 7–8.
 9. Kahnt G. Minimal Bodenbearbeitung. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 1999. 112 p.
 4. Metodika issledovanij po kul'ture kartofelya. M., NIISKH, 1967. 263 s.
 5. Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh opytov, uchetov, nablyudenij i analizov na kartofele / [sost. S.V. Zhevora, L.S. Fedotova, V.I. Starovojtov, V.N. Zejruk, A.V. Korschunov i dr.] FGBNU VNIKKH. M., 2019. 120 s.
 6. Nikolaeva A.V., Shashkarov L.G. Vliyanie agrotekhnicheskikh priemov na rost i razvitie rastenij kartofelya // Agroekologicheskie i organizacionno-ekonomicheskie aspekty sozdaniya i effektivnogo funkcionirovaniya ekologicheski stabil'nyh territorij: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Cheboksary, 05 oktyabrya 2017 goda. Cheboksary: Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2017. S. 124–127. EDN: ZUXPKL.
 7. Ryahovskaya N.I., Gajnatulina V.V., Vlasenko G.P. i dr. Sistema zemledeliya Kamchatskogo kraja. FGBNU Kamchatskij NIISKH, Petropavlovsk-Kamchatskij, 2015. 200 s.
 8. Seregina N.I. Sорт, kachestvo, tekhnologiya – faktory vysokoj urozhajnosti kartofelya // Kartofel' i ovoshchi. 2012. № 6. S. 7–8.
 9. Kahnt G. Minimal Bodenbearbeitung. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 1999. 112 p.

REFERENCES

1. Bashmakova O.N., Budina E.A. Effektivnye agropriemy na kartofele v Kirovskoj oblasti // Kartofel' i ovoshchi. 2015. № 11. S. 29–30.
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., pererab. i dop. M.: Kolos, 1985. 416 s.
3. Zejruk V.N., Anisimov B.V., Derevyagina M.K. i dr. Sistema integrirovannoj ekologicheski bezopasnoj zashchity kartofelya ot boleznej, vreditelej i sornyakov: (Rekomendacii). M., 2010. S. 6–10.

Поступила в редакцию 15.02.2023

Принята к публикации 01.03.2023

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ ОГУРЦА ОТКРЫТОГО ГРУНТА ПО ПАРАМЕТРАМ АДАПТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

Надежда Викторовна Кулякина, кандидат сельскохозяйственных наук

Татьяна Константиновна Юречко, старший научный сотрудник

Галина Антониевна Кузьмицкая, кандидат сельскохозяйственных наук

*Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения РАН
обособленное подразделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
с. Восточное, Хабаровский край, Россия
E-mail: ixeridium@mail.ru*

Аннотация. Исследования проводили (Хабаровский край, 2019–2021 годы) в открытом грунте селекционного участка отдела овощных культур и картофеля Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства на лугово-бурых тяжелосуглинистых почвах. Цель работы – оценить сортообразцы огурца открытого грунта по урожайности и параметрам адаптивности в условиях Среднего Приамурья. Материал изучения – 15 сортообразцов селекции Дальневосточного НИИСХ. Метеорологические условия в годы исследований отличались от среднемноголетних значений, особенно по количеству выпавших осадков. Гидротермические условия в период активной вегетации огурца характеризовались в основном избыточным увлажнением ($ГТК = 2,1–5,4$). Среднесортная урожайность огурца за три года – 21,4 т/га. Уровень средней урожайности варьировал от 17,1 до 27,2 т/га. Показатель количественной изменчивости (V) по признаку урожайности был в пределах от незначительной (0,75–5,80%) до средней (11,11–12,43%) вариации. К сортам узкоадаптивного типа ($bi > 1$) относятся Миг и сортообразцы №№ 1, 4, 5, 6, 9, 10 ($bi = 1,22–2,81$), к нейтральному или широкоадаптивному ($bi < 1$) – Хабар, Ерофей, Наследник и сортообразцы №№ 2, 3, 7, 8, 11. Высокостабильные сорта, способные в различных почвенно-климатических условиях поддерживать оптимальный уровень урожайности, – Миг, Ерофей, №№ 1, 2, 3, 6, 10 ($\sigma^2d = 0,002–0,187$). По результатам комплексной оценки и ранжирования данных из 15 образцов огурца открытого грунта по параметрам адаптивности, стабильности и величине урожайности выделились районированные сорта Миг, Хабар, Наследник и перспективные сортообразцы №№ 1, 3, 7 ($\Sigma \text{рангов} = 42–59$).

Ключевые слова: огурец, урожайность, адаптивность, стабильность, открытый грунт, Среднее Приамурье, Хабаровский край

EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY OF OPEN GROUND CUCUMBERS ACCORDING TO THE ADAPTABILITY PARAMETERS IN THE MIDDLE AMUR REGION CONDITIONS

N.V. Kulyakina, PhD in Agricultural Sciences

T.K. Yurechko, Senior Researcher

G.A. Kuzmitskaya, PhD in Agricultural Sciences

*The Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk Federal Scientific Centre,
Far-Eastern branch, Russian Academy of Science, Vostochnoye village, Khabarovsk region, Russia
E-mail: ixeridium@mail.ru*

Abstract. The research was conducted in 2019–2021 in the Khabarovsk district of the Khabarovsk Territory in the open ground at the breeding plot of the Vegetable Crops and Potato Department of the Far Eastern Agricultural Research Institute on the meadow-brown heavy loamy soils. The purpose of the research is to evaluate the variety samples of open-ground cucumber by yield and adaptability parameters in the conditions of the Middle Amur region. The material for the study were 15 variety samples of breeding by the Far Eastern Agricultural Research Institute. The meteorological conditions in the years of researches differed from the long-term average values, especially in the amount of precipitation. The hydrothermal conditions in the active growing season of cucumber in the summer months were characterized mainly by redundant humidification, hydrothermal coefficient = 2.1–5.4. The average annual yield of cucumber for three years was 21.4 t/ha. The level of the average yield varied from 17.1 to 27.2 t/ha. The indicator of quantitative variability on the trait of yield varied from insignificant $V = 0.75–5.80\%$ to average $V = 11.11–12.43\%$ variation. “Mig” variety sample and the variety samples № 1, 4, 5, 6, 9, 10 ($bi = 1.22–2.81$) are among the varieties of the narrowly adaptive type ($bi > 1$). “Khabar”, “Yerofey”, “Naslednik” variety samples and the variety samples № 2, 3, 7, 8, 11 are among the varieties of neutral or broadly adaptive type ($bi < 1$). “Mig”, “Yerofey” variety samples and the variety samples № 1, 2, 3, 6, 10 ($\sigma^2d = 0.002–0.187$) turned out to be highly stable varieties capable to maintain an optimal level of yield in various soil and climatic conditions. According to the results of comprehensive assessment and ranking of data from 15 samples of open-ground cucumber according to the parameters of adaptability and stability and value of yield, the zoned “Mig”, “Khabar”, “Naslednik” variety samples and future variety samples № 1, 3, 7 ($\Sigma \text{Ranks} = 42–59$) have shown up.

Keywords: cucumber, yield, adaptability, stability, open ground, Middle Amur region, Khabarovsk Territory

Большая часть территории Российской Федерации лежит в зоне рискованного земледелия, где урожайность сильно колеблется в зависимости от погодных условий. [14]

Для сельскохозяйственного производства важно подобрать сорта и гибриды, стабильные по урожайности и пригодные для возделывания в различных почвенно-климатических условиях региона. [6] Сорта с узким адаптационным потенциалом хорошо приспособлены к местным условиям. Напротив, сорта с широкими адаптационными свойствами показывают высокую продуктивность в агроклиматических условиях различных экологических точек. [3] В благоприятных условиях преимущество у сортов и гибридов с высокой потенциальной продуктивностью, тогда как в неблагоприятных и экстремальных последняя должна сочетаться с достаточно высокой экологической устойчивостью. [6]

Главная задача селекции — создание высокопродуктивных сортов с незначительной ответной реакцией на неблагоприятные условия среды. Для стабильной реализации качественных и количественных признаков новые сорта должны обладать эффективной реакцией на изменяющиеся факторы внешней среды. Сорт как основа технологии возделывания любой сельскохозяйственной культуры — результат сложного взаимодействия генотипа и среды, поскольку он может реализовать продукционный потенциал и технологические качества только в конкретных условиях. [13] Это наиболее экономически эффективное средство получения высокого урожая при минимальных затратах. Замена старых сортов новыми, более продуктивными, обладающими высокой адаптацией к почвенно-климатическим условиям конкретной местности — один из наиболее действенных и эффективных способов повышения урожая. [1] Исследования по определению влияния изменяющихся факторов среды играют важную роль при выборе лучших сортов, оценке их пластичности и стабильности урожая, устойчивости к неблагоприятным условиям вегетации. Сочетание оценок пластичности и стабильности с использованием различных методик должно давать надежный прогноз поведения сорта в установленных информативных параметрах, что в свою очередь позволяет выделить из большого количества вновь созданных сортов с высокой потенциальной продуктивностью сорта с наибольшей степенью адаптации к условиям конкретного региона. [1, 13]

Быстрая сортомена в рамках испытанных наборов сортов — главный фактор устойчивости растительных фитоценозов к патогенам и вредителям, что становится важным принципом европейского и мирового земледелия. Цель сортоиспытания — выявление лучших сортов по урожайности, обладающих комплексом биологических и хозяйственно ценных признаков и свойств. Реализацию размещения и возделывания нового сорта можно существенно ускорить, если одновременно с анализом трехлетней урожайности проводить оценку, определяющую адаптивные особенности сортов данной культуры по отношению к нерегулируемым факторам среды. [9]

Критерием адаптивности сорта служит его урожайность в различных условиях среды. Такой сорт и правильно подобранная технология позволяют нивелировать влияние погодных стрессов. Расширение площадей возделывания сортов с высоким потенциалом адаптивности будет способствовать повышению продуктивности агробиоценоза в целом. Поэтому важно правильно подобрать сорта, приспособленные к условиям региона и имеющие допуск к использованию в производстве. [3]

Ценность адаптивных сортов зависит не только от абсолютных значений урожайности, но и экологической пластичности, то есть способности в широком диапазоне почвенно-климатических условий формировать продуктивность, близкую к потенциальной, обладать устойчивостью к болезням и повреждениям вредителями, быстро реагировать на улучшение условий выращивания.

Следует учитывать, что оценка параметров устойчивости отчасти относительна, так как зависит от набора анализируемых сортов и может иметь иное абсолютное значение по сравнению с другими сортообразцами. Для идентификации механизмов пластичности и стабильности новых генотипов необходимо ориентироваться на известные, хорошо зарекомендовавшие себя районированные сорта, обладающие разными типами устойчивости. [10]

Таким образом, комплексная оценка на экологическую адаптивность современных сортов и проблема соотношения потенциальной продуктивности и экологической устойчивости приобретает все большее теоретическое и практическое значение. [8]

Цель работы — оценить сортообразцы огурца открытого грунта по урожайности и параметрам адаптивности в условиях Среднего Приамурья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2019–2021 годах изучали перспективные сортообразцы селекции Дальневосточного НИИСХ — 08686 (№ 1), 08688 (№ 2), 08694 (№ 3), 08706 (№ 4), 08710 (№ 5), 08715 (№ 6), 08717 (№ 7), 08718 (№ 8), 08722 (№ 9), 08725 (№ 10), 08731 (№ 11) и районированные сорта *Миг* (стандарт), *Хабар*, *Ерофей*, *Наследник*. Исследования проводили на селекционном участке отдела овощных культур и картофеля в Хабаровском крае.

Площадь делянки — 8,4 м², повторность трехкратная, образцы высевали на грядах 140 см в один ряд. Подготавливали почву с соблюдением существующих зональных рекомендаций. Почва участка — лугово-бурая тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое (по Тюрину) — 3,2...3,7%, рН_{col} — 4,1...4,7, гидролитическая кислотность — 4,1...4,7 мг-экв./100 г почвы. Содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) (по Кирсанову) — 12,4...22,2 и 11,3...13,2 мг/100 г абсолютно сухой почвы соответственно.

Метеорологические условия в годы исследований отличались от среднесезонных значений, особенно по количеству выпавших осадков. Согласно гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период активной вегетации огурца были условия с избыточным увлажнением (ГТК = 2,1...5,4), в 2019 и 2021 годах июль был сухой (ГТК =

0,5...0,7), а в 2020 – влажный (ГТК = 1,6...2,0) (см. рисунок).

В 2019 году наблюдали продолжительное похолодание в июне и августе, когда среднесуточные температуры воздуха были ниже обычного на 2...4°C. Обильные осадки в августе привели к переувлажнению почвы, что на фоне пониженных температур сдерживало развитие растений и формирование плодов. В этот же период отмечено максимальное значение ГТК = 5,4.

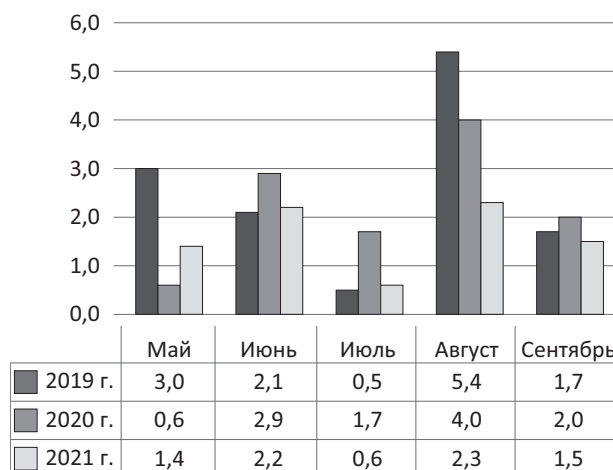
Метеорологические условия 2020 года для роста и развития растений огурца в целом были не самыми благоприятными. В начальный этап развития растений (июнь), когда шли активные ростовые процессы, отмечали избыточное увлажнение (ГТК = 3,3), что в сочетании с пониженными среднедекадными температурами воздуха (13,8...16,3°C, при среднегодовой норме 16,2...19,5°C) сдерживало рост и развитие теплолюбивой культуры. Максимальное количество осадков за вегетацию было в августе (ГТК = 4,0) в период активного плодоношения и формирования семенных плодов. Недостаток тепла и переувлажнение почвы в этом месяце отрицательно сказывались на развитии растений и способствовали к появлению заболеваний.

Условия вегетационного периода 2021 года для теплолюбивой культуры огурца были не самыми благоприятными. Низкие ночные температуры и переувлажнение почвы в июне сдерживали рост и развитие растений. В I декаде августа наблюдали похолодание, среднедекадные температуры воздуха оказались ниже нормы на 0,6°C и составили 20,2°C. Осадки, наоборот, превысили норму в два раза (109,4 мм), что благоприятствовало развитию фитопатогенов.

Для комплексной оценки сортообразцов огурца конкурсного сортоиспытания на адаптивность использовали ряд методик. Для расчета индекса среды (Ij), экологической пластичности (bi) и стабильности (σ^2d) – метод S.A. Eberhart, W.A. Russel в изложении А.А. Децына и других. [4] Изменчивость урожайности (коэффициент вариации, V) рассчитывали по Б.А. Доспехову. [5] Устойчивость к стрессу (Y1–Y2) и компенсаторную способность ((Y1 + Y2)/2) сорта определяли по А.А. Rossielle, J. Hemblin, коэффициент адаптивности (КА) рассчитывали по Л.А. Животкову в изложении П.Н. Николаева и других. [11] Коэффициент мультипликативности (KM), позволяющий сравнить изменчивость признака, определяли по В.А. Драгавцеву в изложении П.Н. Николаева. [12] Согласно методу А.А. Грязнова [2] вычисляли средний индекс экологической пластичности (ИЭП). Размах урожайности (d) рассчитывали по методу В.А. Зыкина и других. [7]

РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследований проводили оценку условий среды с помощью индекса Ij. Чем выше значение Ij, тем благоприятнее условия для роста и развития генотипов. Наиболее комфортные погодные условия для формирования урожая сложились в 2019 и 2021 годах. Максимальные и минимальные значения продуктивности отмечены



Гидротермический коэффициент в период исследований.

ны в пределах 13,9...27,9 и 18,8...29,2 т/га соответственно (табл. 1).

Индекс условий среды в эти годы был положительным и составил +0,65 и +1,54 соответственно. Исходя из сложившейся динамики варьирования признака продуктивности, экологическая ситуация для изучаемых образцов оказалась наиболее благоприятной для накопления урожая в 2021 году. Средняя урожайность по всем сортам за годы исследований составила 21,4 т/га. На фоне избыточного переувлажнения почвы и недостатка тепла в 2020 году индекс условий среды имел отрицательное значение Ij = –2,19, что сказалось на количестве и качестве плодов. Урожайность была самой низкой по годам исследований – в среднем по изученным сортам составила 19,2 т/га, что немногим выше (на 0,5 т/га), чем у стандарта.

Коэффициент вариации – это относительный показатель количественной изменчивости. Наибо-

Таблица 1. Урожайность огурца в питомнике конкурсного сортоиспытания по годам

Образец	Урожайность, т/га				Коэффициент вариации V, %
	2019	2020	2021	Среднее	
Миг (стандарт)	21,8	18,7	25,4	22,0	5,77
Хабар	23,8	26,2	27,2	25,7	2,57
Ерофей	22,7	22,3	23,2	22,7	0,75
Наследник	20,4	23,5	26,4	23,4	4,84
№1 (08686)	27,9	24,6	29,2	27,2	3,29
№2 (08688)	20,0	18,7	20,2	19,6	1,57
№3 (08694)	27,2	23,6	26,1	25,6	2,72
№4 (08706)	21,2	10,7	19,5	17,1	12,43
№5 (08710)	13,9	14,9	23,7	17,5	11,65
№6 (08715)	20,8	17,7	24,1	20,9	5,80
№7 (08717)	24,8	21,7	19,3	21,9	4,75
№8 (08718)	24,3	25,3	18,8	22,8	5,80
№9 (08722)	20,5	11,4	19,8	17,2	11,11
№10 (08725)	18,7	11,9	22,9	17,8	11,76
№11 (08731)	23,3	17,5	18,9	19,9	5,75
Среднесортная урожайность года, т/га	22,1	19,2	23,0	21,4	–
Индекс условий среды, Ij	0,65	–2,19	1,54	–	–

лее изменчивыми по признаку урожайности были №№ 4, 5, 9, 10 со средним коэффициентом вариации $V = 11,11...12,43\%$.

При вычислении экологической пластичности сортов часто используют индекс экологической пластичности (ИЭП), предложенный А.А. Грязновым, который характеризует способность сортов формировать высокую и стабильную урожайность в различных условиях окружающей среды. По нашим данным наиболее пластичные – районированные сорта *Миг*, *Хабар*, *Ерофей*, *Наследник* и перспективные сортообразцы №№ 1, 3, 7, 8. Их ИЭП оказался выше 1, что позволяет прогнозировать рост урожайности при улучшении условий среды (табл. 2).

Коэффициент адаптивности (КА) характеризует адаптивные возможности сорта. Полученные в ходе исследований значения данного показателя подтверждают высокую (> 100%) адаптивность у местных сортов *Миг*, *Хабар*, *Ерофей*, *Наследник* и №№ 1, 3, 7, 8, имеющих КА от 102,13 до 127,07%, что указывает на потенциально высокую продуктивность данных сортов. У всех остальных сортообразцов низкие показатели (КА=78,81...97,00%).

По методике, разработанной S.A. Eberhart, W.A. Russel, определяли экологическую пластичность сорта по коэффициенту линейной регрессии (b_i), характеризующему среднюю реакцию генотипа на изменение условий среды, и стабильность сорта по среднему квадратичному отклонению от линии регрессии (σ^2d). Наши исследования показали, что наибольшая отзывчивость на улучшения условий выращивания у сортообразцов: *Миг*, №№ 1, 4, 5, 6, 9, 10 ($b_i = 1,22...2,81$). Они же имеют минимальные показатели коэффициента стабильности (σ^2d), за исключением образца № 5. Следовательно, их урожайность во всех условиях среды будет выше среднего уровня. Это сорта интенсивного типа, способные дать максимум урожая при высоком уровне агротехники. Остальные образцы отнесены к экстенсивному типу со слабой реакцией на улучшение условий выращивания ($b_i < 1$).

Согласно методике В.А. Драгавцева, пластичность сортов оценивается по коэффициенту муль-

типлекативности (КМ). Чем выше его значение, тем сильнее изменяется уровень урожайности в различных условиях. Как и при расчете b_i наиболее пластичными были сорта интенсивного типа – *Миг*, №№ 1, 4, 5, 6, 9, 10. К полуинтенсивным можно отнести *Хабар*, *Ерофей*, *Наследник*, №№ 2, 3, 11. Все остальные сорта – экстенсивного типа. В целом полученные показатели согласуются с ранее рассчитанными показателями коэффициента регрессии b_i .

Чем ниже размах урожайности (d), тем стабильнее объект в конкретных условиях. Минимальные его значения у сортов: *Хабар*, *Ерофей*, *Наследник* и №№ 1, 2, 3 – 3,88...15,75%.

В благоприятных и неблагоприятных условиях выращивания важный показатель адаптивности сортов – их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальной и максимальной величиной признака урожайности. Этот параметр имеет отрицательное значение и чем он меньше, тем выше стрессоустойчивость генотипа по данному признаку. По результатам наших исследований, повышенной стрессоустойчивостью ($Y_1 - Y_2$) обладали *Ерофей*, *Наследник* и образец № 2 (-0,90...-1,50). К среднеустойчивым можно отнести *Хабар* и №№ 1, 3 с показателями стрессоустойчивости от -3,40 до -4,60. Менее устойчивыми к стрессовым условиям оказались все остальные образцы со значениями от -5,50 до -11,0.

Оценку стрессоустойчивости сортов дополняет показатель компенсаторной способности, отражающий соответствие генотипа исследуемого сорта факторам окружающей среды. В наших исследованиях к сортам с высокой компенсаторной способностью относятся все исследуемые сортообразцы $(Y_1 + Y_2)/2 = 15,95...26,90$.

Многие ученые при использовании различных методов для анализа адаптивности сортов предлагают применять метод ранжирования и окончательную оценку проводить по сумме рангов. В своей работе мы руководствовались понятием, что 1 – это наиболее высокий ранг; 15 – низкий. По общей сумме рангов на основе комплексной оценки

Таблица 2.

Показатели экологической пластичности, стабильности и стрессоустойчивости по урожайности плодов огурца

Образец	ИЭП	КА, %	КМ	$Y_1 - Y_2$	$(Y_1 + Y_2)/2$	$d, \%$	b_i	σ^2d	Σ рангов
<i>Миг (стандарт)</i>	1,02	102,13	2,59	-6,70	22,05	26,38	1,62	0,187	59
<i>Хабар</i>	1,21	120,75	1,00	-3,40	25,50	12,50	0,00	0,470	54
<i>Ерофей</i>	1,07	106,53	1,20	-0,90	22,75	3,88	0,22	0,004	69
<i>Наследник</i>	1,10	109,78	1,30	-2,90	24,95	10,98	0,32	1,324	56
№1 (08686)	1,27	127,07	1,96	-4,60	26,90	15,75	1,22	0,002	42
№2 (08688)	0,92	91,87	1,45	-1,50	19,45	7,43	0,42	0,001	84
№3 (08694)	1,20	119,78	1,68	-3,60	25,40	13,24	0,81	0,136	54
№4 (08706)	0,79	78,81	4,36	-10,50	15,95	49,53	2,68	0,681	70
№5 (08710)	0,81	81,16	3,08	-9,80	18,80	41,35	1,70	2,784	69
№6 (08715)	0,97	97,00	2,61	-6,40	20,90	26,56	1,56	0,147	65
№7 (08717)	1,03	103,01	0,78	-5,50	22,05	22,18	-0,22	1,141	59
№8 (08718)	1,08	107,76	-0,32	-6,50	22,05	25,69	-1,40	0,732	62
№9 (08722)	0,79	79,40	4,09	-9,10	15,95	44,39	2,48	0,345	72
№10 (08725)	0,82	82,05	4,38	-11,00	17,40	48,03	2,81	0,116	70
№11 (08731)	0,93	92,89	1,84	-5,80	20,40	24,89	0,78	1,054	68

по параметрам адаптивности установили, что для условий Среднего Приамурья наиболее ценные сорта — *Миг*, *Хабар*, *Наследник* и №№ 1, 3, 7.

Выводы. В Среднем Приамурье к сортам узкоадаптивного типа, характеризующимся высокой урожайностью при оптимальных условиях возделывания, относятся *Миг* и сортообразцы №№ 1, 4, 5, 6, 9, 10 ($b_i = 1,22...2,81$), к нейтральному или широкоадаптивному типу ($b_i < 1$) — *Хабар*, *Ерофей*, *Наследник*, а также сортообразцы №№ 2, 3, 7, 8, 11. Как правило, последние слабо отзываются на изменения факторов среды и их лучше выращивать на экстенсивном фоне, где можно получить максимум отдачи при минимуме затрат.

Высокостабильные сорта, способные поддерживать оптимальный уровень урожайности в различных почвенно-климатических условиях — *Миг*, *Ерофей*, №№ 1, 2, 3, 6, 10 ($\sigma^2d = 0,002...0,187$).

По результатам комплексной оценки сортообразцов огурца открытого грунта по параметрам адаптивности, стабильности и величине урожайности наиболее ценными оказались районированные сорта *Миг*, *Хабар*, *Наследник* и перспективные сортообразцы №№ 1, 3, 7 (Σ рангов = 42...59).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Оценка адаптации сортов озимой мягкой пшеницы в условиях центрального Черноземья // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 3 (27). С. 91–95. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11040.
2. Грязнов А.А. Карабальский ячмень (корм, крупа, пиво). Кустанай: Кустанайский печатный двор, 1996. 448 с.
3. Демина Е.А., Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Чекасова К.Ю. Оценка адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы в лесостепных условиях Среднего Поволжья // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 11 (214). С. 8–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19.
4. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Оценка экологической пластичности и стабильности крупноплодных сортов подсолнечника // *Масличные культуры*. 2019. Вып. 3 (179). С. 35–39. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-35-39.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Звонкова И.Ю., Павленко В.Н., Мухортова Т.В. Эффективность возделывания огурцов в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья // *Вестник РГАТУ*. 2017. № 3 (35). С. 29–34.
7. Зыкин В.А., Белан И.А., Россеев В.М., Пашков С.В. Селекция яровой пшеницы на адаптивность: результаты и перспективы // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2000. № 2. С. 5–7.
8. Караульный Д.В., Мастеров А.С., Шевалдин И.Н. Оценка новых сортов озимой пшеницы по критериям адаптивности // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016. № 3. С. 60–63.
9. Караульный Д.В., Мастеров А.С. Оценка урожайности сортов и гибридов озимых зерновых культур по параметрам экологической адаптивности в Северо-Восточной части Беларуси // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013. № 1. С. 52–57.

10. Манукян И.Р., Басиева М.А., Мирошникова Е.С., Абиев В.Б. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 4 (183). С. 20–26. DOI: 10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.46300158.
11. Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А., Сафонова И.В. Адаптивность урожайности ярового овса в условиях Омского Прииртышья // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018. Т. 179. Вып. 4. С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
12. Николаев П.Н., Юсова О.А., Васюкевич В.С. и др. Адаптивный потенциал сортов овса селекции Омского аграрного научного центра // *Вестник НГАУ*. 2019. № 1 (50). С. 42–51. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-42-51.
13. Носков А.Н., Батакова О.Б., Корелина В.А. Сравнительная оценка гибридных форм ярового ячменя по урожайности и адаптивным свойствам в условиях Северного региона РФ // *Земледелие*. 2022. № 1. С. 35–38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-35-39.
14. Павленко В.Н., Звонкова И.Ю., Павленко В.И. Научные основы современных технологий возделывания огурца в южных регионах России // *Природообустройство*. 2018. № 1. С. 89–93. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-1-89-93.

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. Gryaznov A.A. Karabal'skij yachmen' (korm, krupa, pivo). Kustanaj: Kustanajskij pechatnyj dvor. 1996. 448 s.
3. Demina E.A., Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Chekmasova K.Yu. Ocenka adaptivnosti sortov yarovoj myagkoj pshenicy v lesostepnyh usloviyah Srednego Povolzh'ya // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2021. № 11 (214). S. 8–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19.
4. Decyna A.A., Illarionova I.V., Shcherbinina V.O. Ocenka ekologicheskoj plastichnosti i stabil'nosti krupnoplodnyh sortov podsolnechnika // *Maslichnye kul'tury*. 2019. Vyp. 3 (179). S. 35–39. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-35-39.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
6. Zvonkova I.Yu., Pavlenko V.N., Muhortova T.V. Effektivnost' vzdelyvaniya ogurcov v usloviyah svetlo-kashtanovyh pochv Nizhnego Povolzh'ya // *Vestnik RGA-TU*. 2017. № 3 (35). S. 29–34.
7. Zykin V.A., Belan I.A., Rosseev V.M., Pashkov S.V. Selekcija yarovoj pshenicy na adaptivnost': rezul'taty i perspektivy // *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*. 2000. № 2. S. 5–7.
8. Karaul'nyj D.V., Masterov A.S., Shevaldin I.N. Ocenka novyh sortov ozimoy pshenicy po kriteriyam adaptivnosti // *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2016. № 3. S. 60–63.
9. Karaul'nyj D.V., Masterov A.S. Ocenka urozhajnosti sortov i gibridov ozimyh zernovyh kul'tur po parametram ekologicheskoj adaptivnosti v Severo-Vostochnoj chasti Belarusi // *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2013. № 1. S. 52–57.

10. Manukyan I.R., Basieva M.A., Miroshnikova E.S., Abiev V.B. Ocenka ekologicheskoy plastichnosti sortov ozimoy pshenicy v usloviyah predgornoj zony Central'nogo Kavkaza // Agrarnyj vestnik Urala. 2019. № 4 (183). S. 20–26. DOI: 10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.46300158.
11. Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V. Adaptivnost' urozhajnosti yarovogo ovsa v usloviyah Omskogo Priirtysh'ya // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2018. T. 179. Vyp. 4. S. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
12. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Vasyukevich V.S. i dr. Adaptivnyj potencial sortov ovsa selekcii Omskogo agrarnogo nauchnogo centra // Vestnik NGAU. 2019. № 1 (50). S. 42–51. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-42-51.
13. Noskov A.N., Batakova O.B., Korelina V.A. Sravnitel'naya ocenka gibridnyh form yarovogo yachmenya po urozhajnosti i adaptivnym svojstvam v usloviyah Severnogo regiona RF // Zemledelie. 2022. № 1. S. 35-38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-35-39.
14. Pavlenko V.N., Zvonkova I.Yu., Pavlenko V.I. Nauchnye osnovy sovremennyh tekhnologij vzdelyvaniya ogurca v yuzhnyh regionah Rossii // Prirodoobustrojstvo. 2018. № 1. S. 89–93. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-1-89-93.

Поступила в редакцию 24.02.2023

Принята к публикации 10.03.2023

ПАПИРОВКА ТЕТРАПЛОИДНАЯ – ЦЕННЫЙ ИСТОЧНИК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕТНИХ ТРИПЛОИДНЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ

Татьяна Владимировна Янчук, кандидат сельскохозяйственных наук
Евгений Николаевич Седов, академик РАН, профессор
Светлана Александровна Корнеева, кандидат сельскохозяйственных наук
Мargarита Васильевна Вепринцева, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
д. Жилина, Орловская область, Россия
E-mail: yanchuk@yandex.ru

Аннотация. ВНИИСПК – старейшее селекционно-помологическое учреждение России, которое занимается выведением новых сортов яблони. Институтом создано и включено в Госреестр 56 сортов яблони разных сроков созревания для условий Средней полосы России и несколько для Северного Кавказа. В статье показана роль тетраплоидной формы сорта народной селекции Папировка в получении новых летних триплоидных сортов с регулярным плодоношением и более товарными плодами. С участием сортов народной селекции было создано 20 сортов: с Антоновкой краснобочкой шесть сортов – Зарянка, Орловский пионер, Память Исаева, Патриот, Свежесть, Славянин; Папировкой тетраплоидной – Августа, Дарёна, Масловское, Осиповское, Яблочный Спас; широко распространенным в средней полосе России сортом народной селекции Антоновкой обыкновенной – Здоровье, Имрус, Морозовское, Орловим, Память воину; со Скрыжапелем – Болотовское, Вавиловское, Низкорослое; Папировкой (диплоидная) – Раннее алое. Особый интерес представляют летние триплоидные сорта, полученные с Папировкой тетраплоидной.

Ключевые слова: яблоня, селекция, сорта летнего срока созревания, полиплоидия

PAPIROVKA TETRAPLOID IS A SOURCE FOR SUMMER TRIPLOID APPLE TREES CREATION

T.V. Yanchuk, *PhD in Agricultural Sciences*
E.N. Sedov, *Academician of the RAS, Professor*
S.A. Korneeva, *PhD in Agricultural Sciences*
M.V. Vepintseva, *Junior Researcher*
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina village, Oryol region, Russia
E-mail: yanchuk@yandex.ru

Abstract. Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISP) is the oldest breeding and pomological institution of Russia and one of the main suppliers of new apple cultivars in Central Russia. To date, the Institute has created and included in the State Register 56 apple cultivars of different maturation periods for the conditions of the Middle zone of Russia. In addition, our Institute took part in the creation of a number of cultivars for the North Caucasus. We have numerous drawn attention to the value of apple varieties of folk selection in creating adaptive, competitive cultivars. In this paper we tried to show the role of the tetraploid form of Papirova of folk selection in the creation of new summer triploid cultivars with more regular fruiting and more marketable fruits. 20 cultivars have been created with the participation of the varieties of folk selection, including six cultivars with the participation of Antonovka Krasnobochka: Zarianka, Orlovsky Pioneer, Pamyat Isaeva, Patriot, Svezhest and Slavyanin; five cultivars with the participation of tetraploid Papirova: Avgusta, Dariona, Maslovskoye, Osipovskoye and Yablochny Spas; five cultivars with the participation of folk variety Antonovka Obyknovennaya widely distributed in the central part of Russia: Zdorovie, Imrus, Morozovskoye, Orlovim and Pamyat Voinu; three cultivars with the participation of Skryzhapel: Bolotovskoye, Vavilovskoye and Nizkorosloye; Ranneye Aloye with the participation of Papirova (diploid). Of particular interest, in our opinion, are the summer triploid cultivars obtained with the participation of the variety of folk selection Papirova tetraploid.

Keywords: apple, breeding, cultivars of the summer ripening period, polyploidy

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур – старейшее селекционно-помологическое учреждение России, которое занимается получением новых сортов яблони. Институтом создано и включено в Госреестр 56 сортов яблони разных сроков созревания для условий Средней полосы России и ряд сортов для Северного Кавказа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Многолетние исследования проводили в садах и лабораториях ВНИИСПК по общепринятым программам и методикам. [2–5]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди многих тетраплоидных сортов большой интерес представляет полиплоидная форма Папировки, возникшая с помощью нередуцированных гамет. [6, 7]

Папировка тетраплоидная (2-4-4-4x) – диплоидно-тетраплоидная химера первого типа. Получена нами из Франции с Анжерской опытной станции в 1972 году. Деревья сдержанного роста. Крона редкая, состоит только из толстых ветвей с мощными кольчатками. По нашим данным Папировка тетраплоидная по зимостойкости уступает Папировке диплоидной [1, 8], урожайности – умеренная, к парше

среднеустойчивая. Плоды крупные, уплощенные, кособокие. Мякоть белая, плотная, сочная, с избытком кислоты. В Орловской области съемная зрелость плодов наступает в первой половине августа. [1] Средняя масса плодов – 110...130 г, у *Папировки диплоидной* – 90...100 г. [6, 9] По данным наших исследований *Папировка тетраплоидная* (2-4-4-4х) при разноплоидных скрещиваниях в качестве опылителя в гибридном потомстве дает в среднем 77,9% триплоидных семян. [9] Поэтому основной путь создания триплоидов – гибридизация (2х × 4х, диплоид × тетраплоид). Спонтанное получение триплоидов возможно при оплодотворении нередуцированной яйцеклетки гаплоидной пылью. Благодаря регулярному плодоношению, повышенной массе плодов и большому содержанию питательных, биологически активных веществ, триплоидные сорта заслуживают широкого испытания в производстве. [9]

Сорта, полученные от скрещивания типа 2х × 4х существенно отличаются по массе плодов по сравнению с сортами от двух диплоидных сортов (2х × 2х). В таблице приведена краткая производственная и биологическая характеристика пяти триплоидных сортов, из них один допущен для использования в двух регионах. Это *Яблочный Спас* (*Редфри* × *Папировка тетраплоидная*), который районирован в Центральном (Брянская, Владимирская, Ивановская, Калужская, Московская, Рязанская, Смоленская и Тульская области) и Центрально-Черноземном (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская и Тамбовская области) регионах. Триплоидные сорта (2х × 4х) отличались от диплоидных (2х × 2х) более крупными и товарными плодами.

Августа (*Орлик* × *Папировка тетраплоидная*) – позднелетний триплоидный сорт, включен в Госреестр в 2008 году по Центрально-Черноземному региону (см. рис., 2-я стр. обл.). Деревья крупные с округлой кроной. Плоды выше среднего размера – 160 г, продолговатые, конические, широко-ребристые. Покровная окраска занимает большую часть поверхности плода в виде размытого красного румянца. Внешний вид плодов оценивается на 4,4...4,5 балла, вкус – 4,4, съемная зрелость

в Орловской области наступает во II декаде августа. Сорт характеризуется высокой урожайностью и устойчивостью к парше. Достоинства: скороплодность, красивые плоды, высокие товарные и вкусовые качества.

Дарёна (*Мелба* × *Папировка тетраплоидная*) – триплоидный сорт, включен в Госреестр по Центрально-Черноземному региону (см. рис., 2-я стр. обл.). Деревья крупные, быстрорастущие. Плоды выше среднего размера и массы (170 г), продолговатые, конические. Покровная окраска на большей части поверхности плодов в виде румянца и размытых крапин, внешний вид оценивается на 4,5 балла, вкус – 4,3, съемная зрелость наступает во второй половине августа. Достоинства: высокие товарные и потребительские качества плодов. Недостатки: средняя устойчивость к парше.

Масловское (*Редфри* × *Папировка тетраплоидная*) – летний триплоидный сорт, иммунный к парше, включен в Госреестр селекционных достижений по Центрально-Черноземному региону (см. рис., 2-я стр. обл.). Деревья крупные, плоды большие (220 г), приплюснутые, широко-ребристые. Мякоть зеленоватая, плотная, сочная, содержание аскорбиновой кислоты повышенное (14,6 мг/100 г). Внешний вид и вкус оцениваются на 4,3 балла. Съем плодов в Орловской области проводят обычно 10...15 августа. Потребительский период продолжается до 10 октября. Достоинства: иммунитет к парше, скороплодность, высокая товарность плодов и повышенное содержание аскорбиновой кислоты.

Осиповское (*Мантет* × *Папировка тетраплоидная*) – летний триплоидный сорт, районирован по Центрально-Черноземному региону, урожайный (см. рис., 2-я стр. обл.). Деревья среднерослые с округлой кроной, плоды средней массы (130 г). Покровная окраска занимает меньшую часть поверхности плода в виде розовых штрихов. Мякоть зеленоватая, сочная. В плодах повышенное содержание сахаров (12,2%) при среднем количестве у других сортов – 10,5%. По урожайности он почти вдвое превосходит контрольный сорт *Мелба*. Время съемной зрелости в Орловской области – начало

Масса, внешний вид и вкус плодов

Сорт, происхождение	Масса, г	Внешний вид, балл	Вкус, балл	Регион допуска
Летние триплоидные сорта, полученные от скрещивания типа 2х × 4х (отцовский родитель – тетраплоидная форма сорта Папировка)				
<i>Августа</i> (<i>Орлик</i> × <i>Папировка тетраплоидная</i>)	160	4,4	4,4	Центрально-Черноземный
<i>Дарёна</i> (<i>Мелба</i> × <i>Папировка тетраплоидная</i>)	170	4,5	4,3	Центрально-Черноземный
<i>Масловское</i> (<i>Редфри</i> × <i>Папировка тетраплоидная</i>)	220	4,3	4,3	Центрально-Черноземный
<i>Осиповское</i> (<i>Мантет</i> × <i>Папировка тетраплоидная</i>)	130	4,4	4,4	Центрально-Черноземный
<i>Яблочный Спас</i> (<i>Редфри</i> × <i>Папировка тетраплоидная</i>)	200	4,4	4,3	Центральном, Центрально-Черноземный
х	176	4,4	4,3	
НСР ₀₅	32,7	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	
Летние диплоидные сорта, полученные от скрещивания 2х × 2х (диплоид × диплоид)				
<i>Орлинка</i> (<i>Старк Эрлиест</i> × <i>Первый салют</i>)	140	4,3	4,3	Центрально-Черноземный
<i>Орловим</i> (<i>Антоновка об.</i> × <i>SR0523</i>)	130	4,4	4,5	Центральный
<i>Ранее алое</i> (<i>Мелба</i> × <i>Папировка</i>)	130	4,5	4,4	Центрально-Черноземный
х	133	4,4	4,4	
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$		

августа. Потребительский период продолжается до середины сентября.

Яблочный Спас (Редфри × Папировка тетраплоидная) – триплоидный, иммунный к парше летний сорт, скороплодный и урожайный, включен в Государственный реестр по Центральному и Центрально-Черноземному регионам России (см. рис., 2-я стр. обл.). Деревья крупные, плоды большие (200 г), округлоконические, сильноробристые. Мякоть мелкозернистая, сочная. Внешний вид плодов оценен на 4,4 балла, вкус – 4,3, съем обычно проводят в середине августа. Период потребления продолжается до конца сентября. Большой интерес этот сорт представляет для садов личных подсобных хозяйств.

Таким образом, тетраплоидный сорт яблони народной селекции *Папировка тетраплоидная* – ценная исходная форма для создания высокоадаптивных летних сортов с высокотоварными плодами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Каталог сортов яблони / Под редакцией д. с.-х. н. Е.Н. Седова. Орловское отделение Приокского книжного издательства. Орел, 1981. С. 185–280.
2. Комплексная программа по селекции семечковых культур в России на 2001–2020 гг. Орел: ВНИИСПК, 2003. 32 с.
3. Основные направления и методы селекции семечковых культур. Орел, 2001. 31 с.
4. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995. 504 с.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
6. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М. Селекция яблони на полиплоидном уровне. Орел: ВНИИСПК, 2008. 368 с.
7. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Макаркина М.А. и др. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции. Орел: ВНИИСПК, 2015. 336 с.
8. Седов Е.Н., Красова Н.Г., Янчук Т.В. и др. Роль сортов яблони народной селекции как исходных форм в совершенствовании сортимента. Орел, 2020. 56 с.
9. Седышева Г.А., Седов Е.Н. Полиплоидия и селекция яблони. Орел, 1994. 272 с.

REFERENCES

1. Katalog sortov yabloni / Pod redakciej d. s.-h. n. E.N. Sedova. Orlovskoe otdelenie Priokskogo knizhnogo izdatel'stva. Orel, 1981. S. 185–280.
2. Kompleksnaya programma po selekcii semechkovykh kul'tur v Rossii na 2001–2020 gg. Orel: VNIISPК, 2003. 32 s.
3. Osnovnye napravleniya i metody selekcii semechkovykh kul'tur. Orel, 2001. 31 s.
4. Programma i metodika selekcii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Orel: VNIISPК, 1995. 504 s.
5. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Orel: VNIISPК, 1999. 608 s.
6. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Serova Z.M. Selekcija yabloni na poliploidnom urovne. Orel: VNIISPК, 2008. 368 s.
7. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Makarkina M.A. i dr. Innovacii v izmenenii genoma yabloni. Novye perspektivy v selekcii. Orel: VNIISPК, 2015. 336 s.
8. Sedov E.N., Krasova N.G., Yanchuk T.V. i dr. Rol' sortov yabloni narodnoj selekcii kak iskhodnykh form v sovershenstvovanii sortimenta. Orel, 2020. 56 s.
9. Sedysheva G.A., Sedov E.N. Poliploidiya i selekcija yabloni. Orel, 1994. 272 s.

Поступила в редакцию 15.02.2023

Принята к публикации 01.03.2023

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКОГО И БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛОДОВ РЕДКИХ ТАКСОНОВ ЦИТРУСОВЫХ В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ*

Александр Сергеевич Кулешов, младший научный сотрудник
Раиса Васильевна Кулян, кандидат сельскохозяйственных наук
Ольга Геннадьевна Белоус, доктор биологических наук

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

E-mail: raisa.kulyan22@gmail.com

Аннотация. Дана оценка механического и биохимического состава плодов редких таксонов цитрусовых, выращенных в условиях влажных субтропиков России. Исследования проводили на базе биоресурсной коллекции цитрусовых культур Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» (г. Сочи). Объем изучения – 13 таксонов рода *Citrus*, относящихся к категории редких: *C. aurantiifolia* Sw. (cv. Tahiti, cv. Foro), *C. × aurantium* var. *myrtifolia* Ker Gawl. cv. *Cinotto*, *C. × bergamia* Risso Poit., *C. × ichangensis* Sw., *C. limon* L. *Del Brasil*, *C. × limonelloides* Hayata, *C. × limetta* Risso cv. *Chontipico*, *C. maxima* Burm. Merr. cv. *Sambokan*, *C. medica* L. (var. *sarcodactylus* Sw.), *C. × meyerii* Yu. Tanaka. Измерение массовой концентрации органических кислот, сахаров и витамина С проводили методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105М». Результаты показали, что таксоны имеют плоды с различным механическим и биохимическим составом. Все редкие таксоны по массе плода разделены на три группы: мелкоплодные, среднеплодные и крупноплодные. Таксоны *C. × meyeri*, *C. maxima* cv. *Sambokan*, *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* обладали высоким выходом сока от 51,3 до 57,2%. Максимальные показатели витамина С отмечены у *C. × aurantium* var. *myrtifolia* *Cinotto*, *C. × limetta* *Chontipico* и *C. medica*. Среди определяемых органических кислот лимонная и яблочная были наиболее распространенными, за ними следовали винная и янтарная, у некоторых таксонов преобладали другие. Для большинства образцов характерно наибольшее количество сахарозы, чем фруктозы и глюкозы. Меньше сахарозы отмечено у *C. aurantifolia* *Foro*, *C. × aurantium* var. *myrtifolia* *Cinotto* и *C. × limetta* *Chontipico*. Высокими сахарокислотным индексом (СКИ) и дегустационной оценкой характеризовались плоды *C. × aurantium* var. *myrtifolia*, низкими – *C. maxima* *Sambokan*, *C. × limetta* cv. *Chontipico*. Высокая оценка внешнего вида исследуемых растений говорит об их декоративных свойствах.

Ключевые слова: Rutaceae, редкие таксоны, витамин С, органические кислоты, сахара, сахарокислотный индекс, дегустация

EVALUATION OF THE MECHANICAL AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF RARE CITRUS TAXA FRUITS IN THE RUSSIA'S HUMID SUBTROPICS

A.S. Kuleshov, Junior Researcher

R.V. Kulyan, PhD in Agricultural Sciences

O.G. Belous, Grand PhD in Biological Sciences

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

E-mail: raisa.kulyan22@gmail.com

Abstract. In the present study, an assessment was made of the mechanical and biochemical composition of the fruits of rare citrus taxa grown in the humid subtropics of Russia. The studies were carried out on the basis of the bioresource collection of citrus crops of the Federal Research Center "Subtropical Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Sochi). The objects were 13 taxa of the genus *Citrus* belonging to the rare category: *C. aurantiifolia* Sw. (cv. 'Tahiti', cv. 'Foro'), *C. × aurantium* var. *myrtifolia* Ker Gawl. cv. 'Cinotto', *C. × bergamia* Risso Poit., *C. × ichangensis* Sw., *C. limon* L. 'Del Brasil', *C. × limonelloides* Hayata, *C. × limetta* Risso cv. 'Chontipico', *C. maxima* Burm. Merr. cv. 'Sambokan', *C. medica* L. (var. *sarcodactylus* Sw.), *C. × meyerii* Yu. Tanaka. Measurement of the mass concentration of organic acids, sugars and vitamin C was carried out by capillary electrophoresis using the Kapel-105M system. The results showed that the studied taxa have fruits with different mechanical and biochemical composition. All studied rare taxa were divided into three groups according to fruit weight: small-fruited, medium-fruited and large-fruited. Taxa *C. × meyeri*, *C. maxima* cv. 'Sambokan', *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* had a high juice yield from 51.3 to 57.2%. The maximum levels of vitamin C were noted in *C. × aurantium* var. *myrtifolia* 'Cinotto', *C. × limetta* 'Chontipico' and *C. medica*. Among the organic acids identified, citric and malic acids were the most common, followed by tartaric and succinic acids, although other acids predominated for some taxa. Most samples have the highest amount of sucrose, followed by fructose and glucose. The least amount of sucrose was found in *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × aurantium* var. *myrtifolia* 'Cinotto' and *C. × limetta* 'Chontipico'. Fruits of *C. × aurantium* var. *myrtifolia* 'Cinotto', for *C. maxima* 'Sambokan', for *C. × limetta* 'Chontipico'. For all the studied objects, a high assessment was given to the appearance of the plant, fruits, which indicates their decorative properties.

Keywords: Rutaceae, rare taxa, vitamin C, organic acids, sugars, sugar-acid index, tastin

* Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ФИЦ СЦ РАН № 0492-2021-0009; № 0492-2022-0014 / The publication was prepared within the framework of the implementation of the GZ FIT SNC RAS No. 0492-2021-0009; No. 0492-2022-0014.

Современный потребительский рынок плодовой продукции предъявляет высокие требования к качественным характеристикам плодов. Большую популярность приобретают растения, имеющие их высокие товарные, вкусовые свойства и хорошее качество. Плоды цитрусовых отличаются богатым химическим составом, который определяет их вкусовые качества, пищевую, диетическую и лечебную ценность.

Цитрусовые культуры – вечнозеленые растения, относящиеся к семейству *Rutaceae* (Рутовые) подсемейства *Aurantioideae* (Померанцевые). [4] Их культивированием в промышленном масштабе занимаются более чем в 142 странах мира, расположенных в регионах с субтропическим и тропическим климатом. Ежегодное мировое производство цитрусовых плодов составляет более 137 млн т, а площадь под насаждениями – более 14 млн га. [6]

Плоды цитрусовых содержат биологически активные вещества (углеводы, органические кислоты, биофлавоноиды, эфирные масла, витамины, микроэлементы), оказывающие положительное влияние на здоровье человека. [7, 10, 13] Мандарины (*C. reticulata* Blanco), апельсины (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), лимоны (*C. limon* (L.) Osbeck), грейпфруты (*C. paradisi* Macfad.) и лаймы (*C. aurantifolia* (Christm.) Swingle) – основные промышленно выращиваемые цитрусовые культуры. [12]

На Черноморском побережье первые исследования биохимического состава плодов цитрусовых (мандарин) провели В.Ф. Церевитинов и В.А. Реутов. Дальнейшим изучением различных сортов и гибридов мандарина занималась Д.Ш. Кутателадзе. [1] В результате естественного и искусственного скрещивания было получено множество сортов и гибридов цитрусовых. [8, 13] Однако в литературных данных мало информации о составе плодов.

Цель работы – изучение биохимического состава плодов редких форм цитрусовых для выделения источников хозяйственно ценных признаков, которые возможно применять в селекционных программах, а также рекомендации по выращиванию и использованию плодовой продукции.

МАТЕРИАЛЫ МЕТОДЫ

Объект исследования – 13 таксонов рода *Citrus*, относящихся к категории редких: *C. aurantiifolia* (Christm.) Sw. (cv. Tahiti, cv. Foro), *C. × aurantium* var. *myrtifolia* Ker Gawl. cv. Cinotto, *C. × bergamia* Risso & Poit., *C. × ichangensis* Sw., *C. limon* L. Del Brasil, *C. × limonelloides* Hayata, *C. × limetta* Risso cv. Chontipico, *C. maxima* (Burm.) Merr. cv. Sambokan, *C. medica* L. (var. *sarcodactylus* Sw.), *C. × meyeri* Yu. Tanaka. Все виды находятся в коллекции (138 сортообразцов) ФИЦ СЦ РАН. [3] Растения расположены в условиях неотапливаемой теплицы (с. Раздольное, Хостинский р-н, г. Сочи).

Анализы проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СЦ РАН. Массовую концентрацию органических кислот, сахаров и витамина С измеряли методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105М». Содержание сухих веществ определяли, высушивая пробы при 105°C до постоянного веса. Повторность лабораторных анализов – трехкратная. Экспери-

ментальные данные обрабатывали с помощью пакета MS Excel 2007.

Оценивали величину, форму, окраску плодов, а также их вкусовые качества по пятибалльной шкале.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для реализации на потребительском рынке, плоды в первую очередь должны характеризоваться высокими товарными качествами (масса плода, тонкокорость, сочность, отсутствие семян). Проведен механический анализ плодов редких таксонов цитрусовых (табл. 1).

Плоды рода *Citrus* сильно различаются по размеру – от 30 мм в диаметре (кумкваты (*Fortunella* spp.)) до 300 мм и более (помело (*C. grandis*)). Все исследуемые редкие таксоны по массе плода можно разделить на три группы: мелкоплодные – *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* cv. Foro, *C. aurantifolia* cv. Tahiti, *C. × aurantium* var. *myrtifolia*, *C. × limonelloides* со средней массой плодов – 29,6...56,5 г; среднеплодные – *C. × bergamia*, *C. ichangensis*, *C. × limetta* cv. Chontipico и *C. × meyeri* (75,5...106,2); крупноплодные – *C. limon* Del Brasil, *C. Maxima* cv. Sambokan, *C. medica* и *C. medica* var. *sarcodactylus* (145,7...325,2 г).

Почти у всех исследуемых объектов наблюдали превалирование массы плодового тела над массой кожуры, только у *C. medica* было больше кожуры (68%), чем мякоти (32%), а у его разновидности *C. medica* var. *sarcodactylus* мякоти не обнаружено.

Важная характеристика плодов для перерабатывающей промышленности, пищевого и кондитерского производства – сочность (выход сока). Высокой сочностью плодов обладали таксоны *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* cv. Foro, *C. maxima* cv. Sambokan и *C. × meyeri*, выход сока превышал 50%. [5] Наименьшее содержание сока в плодах *C. × bergamia* и *C. ichangensis*, 33,3 и 22,7% соответственно.

Для свежих фруктов желательное отсутствие семян. Бессемянные плоды имеют многие положительные свойства, включая качество и вкус, которые высоко ценятся как потребителями, так и перерабатывающей промышленностью, поэтому отсутствие семян – основная цель селекционеров. [16] Среди исследуемых объектов только у *C. aurantifolia* cv. Tahiti бессемянные плоды.

Содержание сухих веществ в мякоти исследуемых таксонов находилось на относительно одинаковом уровне, наибольшее – у *C. ichangensis* (17,3%), наименьшее – у всех трех лаймов и *C. × meyeri* (от 10,0 до 10,1%) (табл. 1).

Вкусовые качества и питательную ценность плодов определяет химический состав. Мякоть состоит на 80...90% из воды и 10...20% сухих веществ – растворимых (сахара, кислоты, витамины, пектины, дубильные и красящие вещества, эфирные масла) и нерастворимых (целлюлоза, протопектины, крахмал, минеральные вещества), содержание которых зависит от видовых особенностей растения, почвенно-климатических условий места его произрастания, а также агротехнических мероприятий и условий хранения плодов. Высоким выходом сока обладали таксоны *C. × meyeri*, *C. maxima* cv. Sambokan, *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* (51,3...57,2%).

Таблица 1.

Механический состав плодов редких таксонов цитрусовых культур

Вариант	Средняя масса плода, г	Масса*, %		Выход сока*, %	Семена*, г	Сухое вещество, %	
		кожура	плодовое тело			кожура	мякоть
<i>C. aurantifolia</i>	53,3±5,4	21,0	79,0	57,2	5,0	19,4±0,3	10,0±0,1
<i>C. aurantifolia</i> cv. Foro	39,1±2,9	25,3	74,7	52,7	8,7	15,6±0,7	10,0±0,3
<i>C. aurantifolia</i> cv. Tahiti	56,5±14,9	30,6	69,4	41,5	–	15,5±0,1	10,1±0,1
<i>C. × aurantium</i> var. <i>myrtifolia</i>	29,6±8,1	28,3	71,7	42,0	6	21,2±0,3	12,1±0,6
<i>C. × bergamia</i>	106,2±24,7	42,0	58,0	33,3	8,6	19,6±0,1	12,7±0,9
<i>C. ichangensis</i>	81,1±6,4	42,5	57,5	22,7	25,0	34,4±0,5	17,3±0,5
<i>C. × limetta</i> cv. Chontipico	75,5±6,5	21,2	78,8	44,5	6,0	24,4±0,5	11,6±0,6
<i>C. limon</i> cv. Del Brasil	169,8±62,0	44,6	55,4	47,0	20,5	17,6±0,3	10,7±0,3
<i>C. × limonelloides</i>	48,6±7,3	22,8	77,2	44,1	19,5	19,7±0,5	12,1±0,3
<i>C. maxima</i> cv. Sambokan	325,2±105,8	20,0	80,0	51,3	48,5	24,5±0,5	10,5±0,6
<i>C. medica</i>	162,2±10,7	68,0	32,0	39,2	46	19,7±0,6	11,5±0,3
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	145,7±15,9	100	–	–	–	20,7±0,6	–
<i>C. × meyeri</i>	90,4±24,7	26,0	74,0	51,3	6,0	18,1±0,1	10,1±0,1

Примечание. Прочерк (–) обозначает, что растение данного таксона не имеет составляющее плода; * – расчет на 1 кг плодов.

Плоды разных таксонов цитрусовых отличаются по содержанию в них аскорбиновой кислоты, наибольшее ее количество отмечено в плодах апельсина, лимона и грейпфрута. [9, 14] Известно, что витамин С имеет особое значение в питании человека. Как мощный антиоксидант, он предохраняет организм от бактерий и вирусов, оказывает противовоспалительное и противоаллергическое действие, укрепляет иммунитет. Содержание витамина С у исследуемых объектов – 18,4...46,6 мг/100 г (табл. 2).

Максимальные его значения отмечены у *C. × aurantium* var. *myrtifolia* (Cinotto) (46,6 мг/100 г), *C. × limetta* cv. Chontipico (45,8) и *C. medica* (44,1), минимальные – *C. aurantifolia* (18,4) и *C. aurantifolia* cv. Foro (20,4). У *C. × bergamia* – 23,3, *C. × limonelloides* – 23,6, *C. limon* cv. Del Brasil – 23,8, *C. × meyeri* – 28,8, в остальных образцах – 31,3...36,2 мг/100 г.

Таблица 2.

Биохимический состав плодов редких таксонов цитрусовых культур

Вариант	Титруемая кислотность, %	Сумма сахаров, %	СКИ*, у.е.	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
<i>C. aurantifolia</i>	5,72±0,4	3,44±0,1	0,6	18,4±0,4
<i>C. aurantifolia</i> cv. Foro	6,37±0,1	1,33±0,1	0,2	20,4±0,4
<i>C. aurantifolia</i> cv. Tahiti	6,91±0,4	2,07±0,1	0,3	31,3±0,5
<i>C. × aurantium</i> var. <i>myrtifolia</i>	0,99±0,2	5,43±0,1	5,5	46,6±0,9
<i>C. × bergamia</i>	3,24±0,3	3,40±0,2	1,0	23,3±0,5
<i>C. ichangensis</i>	5,17±0,1	3,39±0,3	0,6	34,7±0,7
<i>C. × limetta</i> cv. Chontipico	0,24±0,1	7,52±0,2	31,3	45,8±0,9
<i>C. limon</i> cv. Del Brasil	2,56±0,1	2,80±0,7	1,1	23,8±0,4
<i>C. × limonelloides</i>	7,27±0,1	3,51±0,1	0,5	23,6±0,5
<i>C. maxima</i> cv. Sambokan	2,76±0,2	9,67±0,1	3,5	36,2±0,7
<i>C. medica</i>	6,31±0,6	3,66±0,2	0,6	44,1±0,9
<i>C. × meyeri</i>	4,17±0,3	4,22±0,6	1,0	28,8±0,4

Примечание. *СКИ – сахарокислотный индекс.

Органические кислоты – большая и разнообразная группа биологически активных соединений, влияющих на вкусовые качества плодов, у цитрусовых их обнаружено до 18. Самые распространенные – алифатические карбоновые кислоты (винная, шавелевая, яблочная, лимонная) и ароматические органические (хинная, салициловая, кофейная), за исключением нескольких в свободном состоянии. [8]

Для большинства видов цитрусовых доминирующие кислоты – лимонная и яблочная, которые составляют до 97% всех кислот. [8, 10]

Наибольшее содержание лимонной и яблочной кислот отмечено в плодах *C. × limonelloides* (7,04 г/100 г), наименьшее – *C. × aurantium* var. *myrtifolia* (Cinotto) (0,81), только у *C. × limetta* cv. Chontipico суммарное содержание лимонной и яблочной кислот составило 0,1 г/100 г (рис. 1).

Кроме лимонной и яблочной в исследуемых образцах обнаружены винная (97,62 мг/100 г), янтарная (24,50), уксусная, молочная и шавелевая кислоты (рис. 2). Для *C. aurantifolia* cv. Tahiti характерно высокое содержание молочной кислоты (78,47), *C. ichangensis* – уксусной (46,14 мг/100 г).

Содержание сахаров в плодах – главный показатель их качества. Фруктоза, сахароза и глюкоза – основные сахара в спелых цитрусовых, но их соотношение различается у разных таксонов. [10, 15] Для большинства исследуемых плодов характерно преобладание сахарозы, затем фруктозы и глюкозы. Высоким содержанием фруктозы и глюкозы обладают *C. × limetta* cv. Chontipico (40,81 и 43,31 мг/г), *C. × aurantium* var. *myrtifolia* (20,10 и 18,82), *C. maxima* cv. Sambokan (18,95 и 18,77 мг/г).

Таксон *C. × limetta* cv. Chontipico содержит наименьшее количество сахарозы (2,01 мг/г), *C. maxima* cv. Sambokan – 58,94 мг/г, более 60% общего количества растворимых сахаров.

Суммарное содержание сахаров у *C. × aurantium* var. *myrtifolia* Cinotto (54,34 мг/г), *C. × limetta* cv. Chontipico (86,31) и *C. maxima* cv. Sambokan (96,66 мг/г) превышает этот показатель у остальных

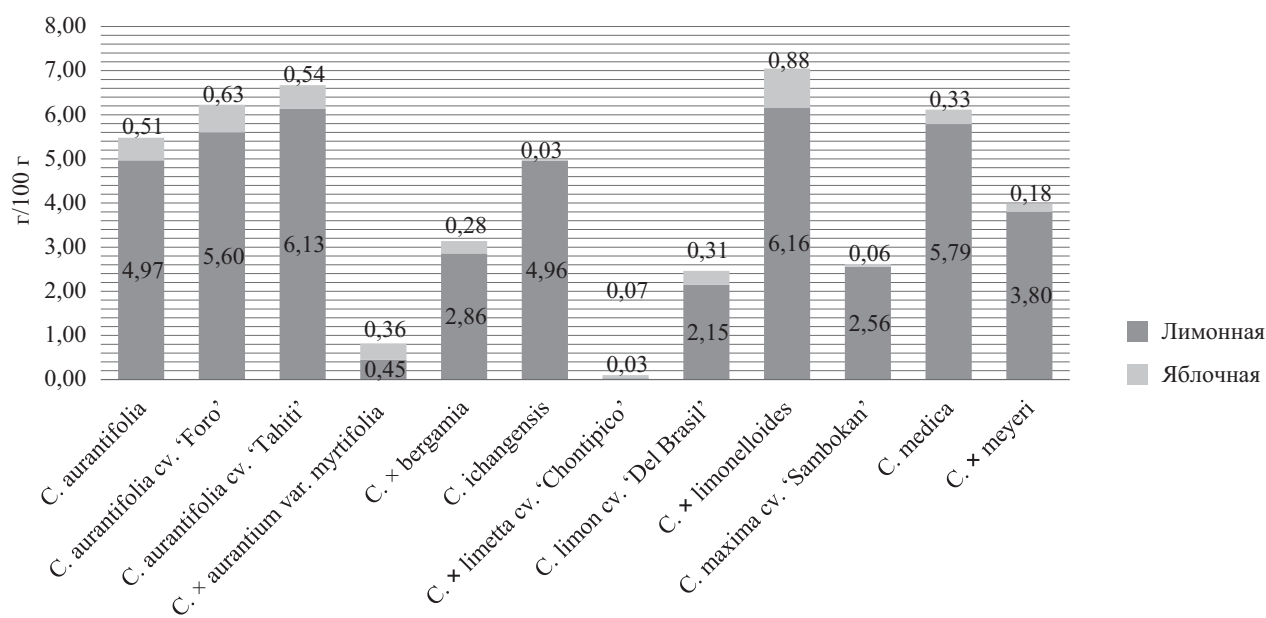


Рис. 1. Доминантные органические кислоты в плодах редких таксонов цитрусовых, г/100 г.

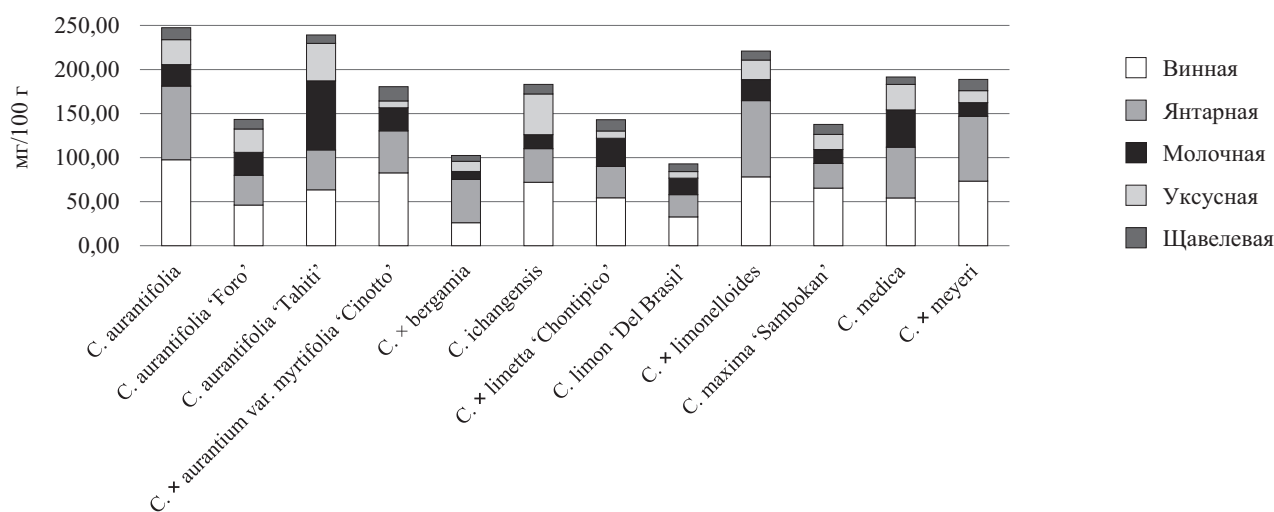


Рис. 2. Прочие органические кислоты в плодах редких таксонов цитрусовых, мг/100 г.

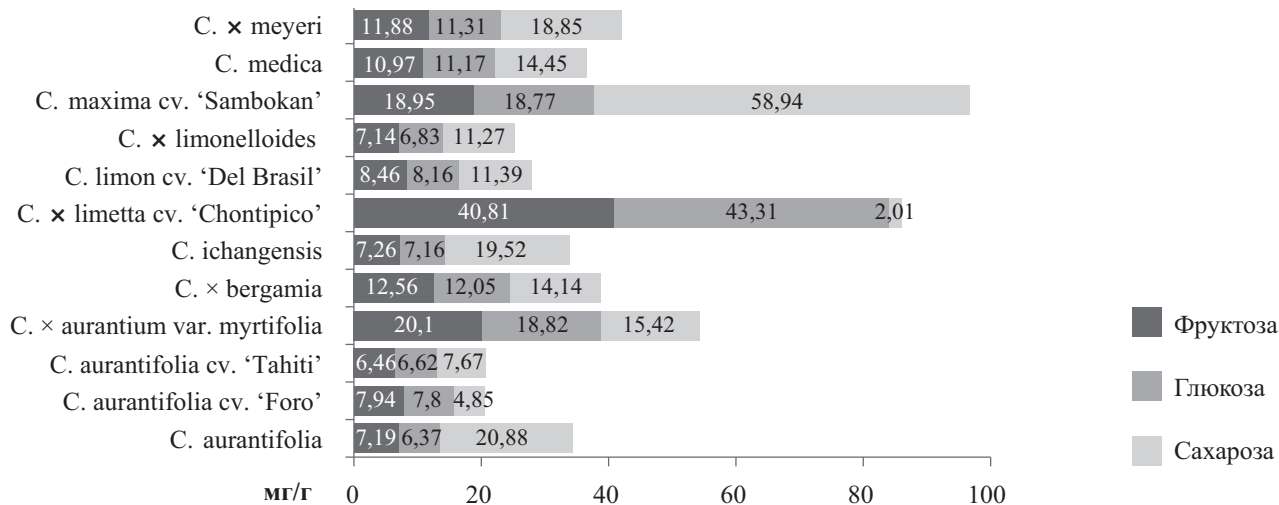


Рис. 3. Содержание сахаров в плодах редких таксонов цитрусовых, мг/г.

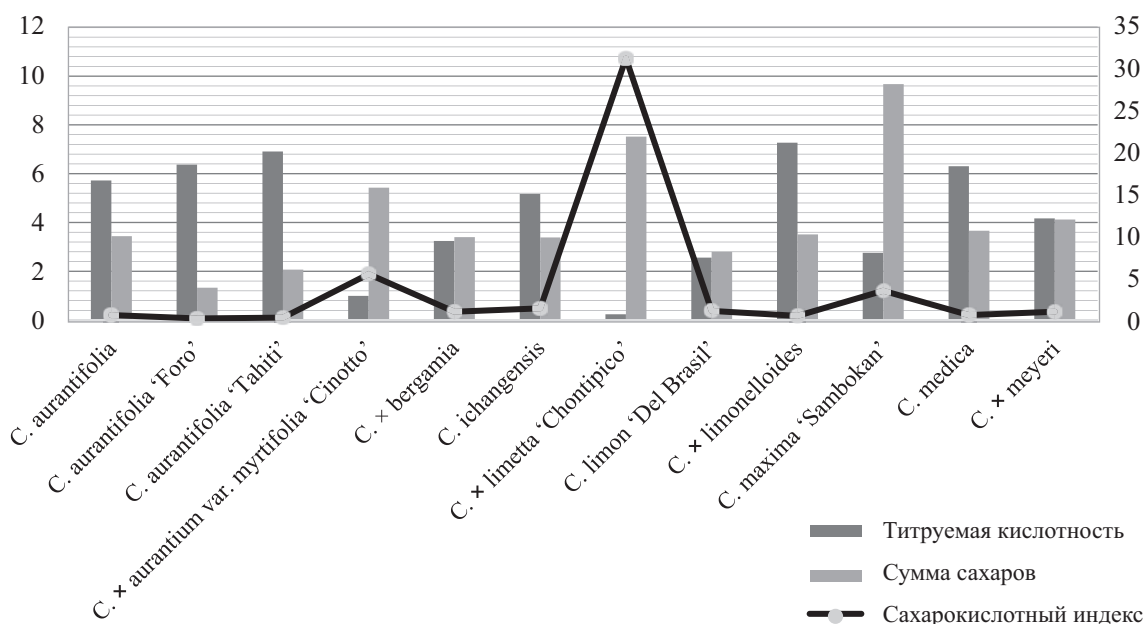


Рис. 4. Сахарокислотный индекс плодов редких таксонов цитрусовых.

таксонов (рис. 3). Растворимые сахара в значительной степени увеличивают сахарокислотный индекс. Соотношение сахаров и кислот для *C. × aurantium* var. *myrtifolia* – 5,5 у.е., *C. maxima* cv. Sambokan – 3,5, *C. × limetta* cv. Chontipico – 3,3, других видов – 0,2 (*C. aurantifolia* cv. Foro 1,1 у.е. (*C. limon* cv. Del Brasil) (рис. 4).

Оптимальным соотношением для мандариновой группы считается значение не менее 6,5...8,0 у.е., апельсиновой – 5...8, лимонной – 0,20...2,25 у.е., так как с величиной сахарокислотного индекса напрямую связана органолептическая оценка плодов. [2, 3]

Вкус и внешний вид плода – важный экономический признак для оценки качества фруктов, а также один из основных органолептических показателей, определяющих выбор потребителей. [11]

Дегустацию свежих плодов проводили во время созревания по пятибалльной системе (табл. 3). Плоды у всех таксонов характеризовались высоки-

ми оценками внешнего вида. Наивысшую оценку (5 баллов) внешнего вида получили плоды *C. medica* var. *sarcodactylus*, *C. maxima* cv. Sambokan.

Выводы. В исследовании дана оценка механического и биохимического состава плодов редких таксонов цитрусовых, выращенных в условиях влажных субтропиков России. Все таксоны по массе плода разделили на три группы: мелко-, средне- и крупноплодные. Таксоны *C. × meyeri*, *C. maxima* cv. Sambokan, *C. aurantifolia*, обладали высоким выходом сока – 51,3...57,2%. Максимальные показатели витамина С отмечены у *C. × aurantium* var. *myrtifolia* (Cinotto), *C. × limetta* cv. Chontipico и *C. medica*. Среди определяемых органических кислот наиболее распространенные – лимонная и яблочная, затем винная и янтарная, но у некоторых таксонов преобладали другие. Высокие сахарокислотный индекс и дегустационная оценка у плодов *C. × aurantium* var. *myrtifolia*, низкая кислотность у *C. maxima* cv. Sambokan, *C. × limetta* cv. Chontipico.

Таблица 3.

Дегустационная оценка плодов цитрусовых, балл

Вариант	Внешний вид*	Характер вкуса, аромат	Вкус	Общая оценка
<i>C. aurantifolia</i>	3,8	Кислый, слабый цитрусовый	4,2	3,8
<i>C. aurantifolia</i> cv. Foro	3,8	Кислый, слабый цитрусовый	4,0	3,8
<i>C. aurantifolia</i> cv. Tahiti	4,0	Кислый, слабый цитрусовый	4,5	4,0
<i>C. × aurantium</i> var. <i>myrtifolia</i>	4,2	Кислый с горечью, слабый	2,0	3,0
<i>C. × bergamia</i>	4,8	Кислый, сильный цитрусово-пряный	4,5	4,8
<i>C. ichangensis</i>	2,3	Кислый с горечью, хвойный	1,8	2,0
<i>C. × limetta</i> cv. Chontipico	4,8	Сладкий, цитрусово-пряный	4,8	4,8
<i>C. limon</i> cv. Del Brasil	4,5	Кислый, тонкий лимонный	5,0	5,0
<i>C. × limonelloides</i>	3,8	Кислый, лимонный	4,0	3,8
<i>C. maxima</i> cv. Sambokan	5,0	Кисло-сладкий, тонкий цитрусовый	4,8	5,0
<i>C. medica</i>	4,2	Кислый, тонкий цитрусовый	4,2	4,0
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	5,0	Кислый, тонкий цитрусовый	0	2,5
<i>C. × meyeri</i>	4,5	Кислый, тонкий лимонный	4,8	4,6

Примечание. * – суммарная оценка по величине, форме и окраске.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Абильфазова Ю.С. Биохимические качества и механический состав плодов мандарина // Субтропическое и декоративное садоводство. 2004. № 39 (2). С. 454–464.
- Горшков В.М., Абильфазова Ю.С., Викулова Л.С. Биохимические показатели качества плодов мандарина, выращиваемых в субтропиках России в сравнении с плодами импортной продукции // Новые технологии. 2019. № 4. С. 125–135. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10412.
- Каталог цитрусовых культур. Коллекция ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии / сост. В.М. Горшков, В.А. Фогель, Р.В. Кулян; под ред. А.В. Рындина. Сочи: ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии, 2013. С. 91.
- Кулян Р.В., Самарина Л.С., Рахмангулов Р.С. и др. Генетические ресурсы цитрусовых культур в России, Украине и Беларуси: хранение и использование // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 5. С. 506–514. DOI: 10.18699/VJ17.21-о.
- Стандарт ЕЭК ООН FFV-14, касающийся сбыта и контроля товарного качества плодов цитрусовых, Нью-Йорк и Женева, 2017.
- FAO. Faostat: Citrus fruits, oranges, lemon, total, production quantity (tons) – for all countries. 2020. [Electronic resource]. Mode access: <http://faostat.fao.org>. Дата доступа 08.09.2022.
- Gorinstein S. Martín-Belloso O., Park Y.S. et al. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits // Food chemistry. 2001. V. 74. № 3. P. 309–315. DOI: 10.1016/S0308-8146(01)00157-1.
- Igamberdiev A.U., Eprintsev A.T. Organic acids: the pools of fixed carbon involved in redox regulation and energy balance in higher plants // Frontiers in Plant Science. 2016. V. 7. P. 1042. DOI: 10.3389/fpls.2016.01042.
- Mditshwa A., Magwaza L.S., Tesfay S.Z. et al. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: A review // Scientia Horticulturae. 2017. V. 218. P. 95–104. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.02.024.
- Kulyan R., Belous O., Konnov N. Qualitative characteristics of collectible forms Citrus reticulata Blan. var. unchiu Tan. // BIO Web of Conferences (International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Agriculture”) 2022. Vol. 47. DOI: 10.1051/bioconf/20224706006.
- Pan T., Ali M.M., Gong J. et al. Fruit Physiology and Sugar-Acid Profile of 24 Pomelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) Cultivars Grown in Subtropical Region of Chin // Agronomy. 2021. V. 11. № 12. P. 2393. DOI: 10.3390/agronomy11122393.
- Satari B., Karimi K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization / Resources, Conservation and Recycling. 2018. V. 129. P. 153–167. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.10.032.
- Singh B., Singh J.P., Kaur A., Singh N. Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel // Food Research International. 2020. V. 132. P. 109–114. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109114.
- Tareen H., Mengal F., Masood Z. et al. Determination of Vitamin C content in Citrus Fruits and in Non-Citrus Fruits by Titrimetric method, with special reference to their nutritional importance in Human diet // Biological Forum. Research Trend. 2015. V. 7. № 2. P. 367. ISSN: 2249-3239.
- Zhang J., Ritenour M.A. Sugar composition analysis of commercial citrus juice products // Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 2016. V. 129. P. 178–180.
- Zhang S., Shi Q., Albrecht U. Comparative transcriptome analysis during early fruit development between three seedy citrus genotypes and their seedless mutants // Horticulture research. 2017. V. 4. DOI: 10.1038/hortres.2017.41.

REFERENCES

- Abil'fazova Yu.S. Biohimicheskie kachestva i mekhanicheskij sostav plodov mandarina // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2004. № 39 (2). S. 454–464.
- Gorshkov V.M., Abil'fazova Yu.S., Vikulova L.S. Biohimicheskie pokazateli kachestva plodov mandarina, vyrashchivaemyh v subtropikah Rossii v sravnenii s plodami importnoj produkcii // Novye tekhnologii. 2019. № 4. S. 125–135. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10412.
- Katalog citrusovyh kul'tur. Kollekcija GNU VNIICiSK Rossel'hozakademii / sost. V.M. Gorshkov, V.A. Fogel', R.V. Kulyan; pod red. A.V. Ryndina. Sochi: GNU VNIICiSK Rossel'hozakademii, 2013. S. 91.
- Kulyan R.V., Samarina L.S., Rahmangulov R.S. i dr. Geneticheskie resursy citrusovyh kul'tur v Rossii, Ukraine i Belarusi: hranenie i ispol'zovanie // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21. № 5. S. 506–514. DOI: 10.18699/VJ17.21-о.
- Standart EEK OON FFV-14, kasayushchijsya sbyta i kontrolya tovarnogo kachestva plodov citrusovyh, N'yu-York i Zheneva, 2017.
- FAO. Faostat: Citrus fruits, oranges, lemon, total, production quantity (tons) – for all countries. 2020. [Electronic resource]. Mode access: <http://faostat.fao.org>. Data dostupa 08.09.2022.
- Gorinstein S. Martín-Belloso O., Park Y.S. et al. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits // Food chemistry. 2001. V. 74. № 3. P. 309–315. DOI: 10.1016/S0308-8146(01)00157-1.
- Igamberdiev A.U., Eprintsev A.T. Organic acids: the pools of fixed carbon involved in redox regulation and energy balance in higher plants // Frontiers in Plant Science. 2016. V. 7. P. 1042. DOI: 10.3389/fpls.2016.01042.
- Mditshwa A., Magwaza L.S., Tesfay S.Z. et al. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: A review // Scientia Horticulturae. 2017. V. 218. P. 95–104. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.02.024.
- Kulyan R., Belous O., Konnov N. Qualitative characteristics of collectible forms Citrus reticulata Blan. var. unchiu Tan. // BIO Web of Conferences (International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Agriculture”) 2022. Vol. 47. DOI: 10.1051/bioconf/20224706006.
- Pan T., Ali M.M., Gong J. et al. Fruit Physiology and Sugar-Acid Profile of 24 Pomelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) Cultivars Grown in Subtropical Region of Chin // Agronomy. 2021. V. 11. № 12. P. 2393. DOI: 10.3390/agronomy11122393.
- Satari B., Karimi K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization / Resources, Conservation and Recycling. 2018. V. 129. P. 153–167. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.10.032.
- Singh B., Singh J.P., Kaur A., Singh N. Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel // Food Research International. 2020. V. 132. P. 109–114. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109114.

14. Tareen H., Mengal F., Masood Z. et al. Determination of Vitamin C content in Citrus Fruits and in Non-Citrus Fruits by Titrimetric method, with special reference to their nutritional importance in Human diet // Biological Forum. Research Trend. 2015. V. 7. № 2. P. 367. ISSN: 2249-3239.
15. Zhang J., Ritenour M.A. Sugar composition analysis of commercial citrus juice products // Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 2016. V. 129. P. 178–180.
16. Zhang S., Shi Q., Albrecht U. Comparative transcriptome analysis during early fruit development between three seedy citrus genotypes and their seedless mutants // Horticulture research. 2017. V. 4. DOI: 10.1038/hortres.2017.41.

Поступила в редакцию 14.02.2023

Принята к публикации 28.02.2023

ПОЛЕВЫЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ В ЮЖНОМ ПРЕДБАЙКАЛЬЕ

Максим Анатольевич Раченко¹, доктор сельскохозяйственных наук
Анна Максимовна Раченко²

Елена Николаевна Киселева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹СИФИБР СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,
п. Молодежный, Иркутская область, Россия

E-mail: bigmks73@rambler.ru

Аннотация. Изучена возможность использования слаборослых клоновых подвоев в условиях Южного Предбайкалья. Исследования проводили в 2017–2022 годах на опытных участках, расположенных в Иркутской области и на территории СИФИБР СО РАН (г. Иркутск). Собрана коллекция клоновых подвоев: селекции МичГАУ (62-396, 54-118, 70-20-20, 70-6-8, 64-143, 62-223), А.П. Апояна (Армянский НИИВиП) (Арм18), эстонской (Е56), Оренбургской ОССиВ (Урал, Урал2, Урал5, 18-7, Б-3-4, 4-12, 8-2, ОБ), Крымской ОСС (К-2). Установили, что клоновые подвои можно применять в садоводстве Южного Предбайкалья. Высокой зимостойкостью обладали подвои уральской (Урал, Урал 2) и эстонской (Е-56) селекции, низкой – 70-6-8, Арм18, К-2, средней – все остальные. Изучение сорто-подвойных комбинаций показало хорошую совместимость клоновых подвоев с яблонями-полукультурками: прочное срастание подвоя с привоем, активный рост, хорошо развитый листовый аппарат, отсутствие признаков голодания и нарушения окраски. Статистически доказано, что сорт и тип подвоя влияют на степень температурных повреждений плодового дерева. Отобраны перспективные для селекции высоко- и среднезимостойкие клоновые подвои с хорошей восстановительной способностью.

Ключевые слова: яблоня, клоновый подвой, полевая зимостойкость, лабораторные испытания, Южное Предбайкалье

FIELD AND LABORATORY INVESTIGATIONS OF CLONAL ROOTSTOCKS IN SOUTH CISBAIKAL

M.A. Rachenko¹, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

A.M. Rachenko²

E.N. Kiseleva¹, *PhD in Agricultural Sciences*

¹Federal State Budgetary Institution of Science Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, Molodyozhny village, Irkutsk district, Russia

E-mail: bigmks73@rambler.ru

Abstract. The study of the possibility of using low-growing clonal rootstocks in the conditions of the South Cisbaikal region, the territory most suitable for horticulture in the Irkutsk region, was the goal of this work. The studies were carried out in 2017–2022 on experimental plots, which are located in the Irkutsk district of the Irkutsk region and on the territory of SIPPB SB RAS (Irkutsk). Assembled collection was included: six varieties of clonal rootstocks bred by MichGAU (62-396, 54-118, 70-20-20, 70-6-8, 64-143, 62-223), stock bred by A.P. Apoyan (Armenian RIVWFG) (Arm18), rootstock of Estonian selection (E56), eight rootstocks of Orenburg ESHV selection (Ural, Ural2, Ural5, 18-7, B-3-4, 4-12, 8-2, OB), rootstock Crimean OSH (K-2). The conducted field observations allow us to state that clonal rootstocks can be used in horticulture in the Southern Baikal region. We found out that of all the studied clonal rootstocks, the rootstocks of the Ural selection Ural and Ural 2 and the rootstock of the Estonian selection E-56 showed high winter hardiness. We attributed clonal rootstocks 70-6-8, Arm18, K-2 to low winter-hardiness. The rest of the rootstocks over the years of research showed an average winter hardiness. The results of laboratory studies confirmed the high winter hardiness of E-56. The study of cultivar-rootstock combinations showed good compatibility of clonal rootstocks with semi-cultivated apple trees: strong fusion of the rootstock with the scion, active growth, well-developed leaf apparatus, the absence of any signs of starvation and discoloration. It has been statistically proven that the variety and type of rootstock affect the degree of temperature damage to the fruit tree. Highly winter-hardy clonal rootstocks and medium-hardy clonal rootstocks with high regenerative capacity were selected as promising for breeding.

Keywords: apple tree, clonal rootstock, field winter hardiness, laboratory tests, South Cisbaikal region

В Сибири возможно промышленное возделывание яблони и других плодовых культур с применением современных технологий. [7]

Слаборослые (карликовые и полукарликовые) плодовые деревья лучше приспособлены к интенсивному ведению хозяйства. [9] Они обеспечивают ограничение размера плодовых насаждений, что важно в случае недостатка подходящих участков для закладки садов. Клоновые подвои определяют скороплодность деревьев, необходимую для получения

продукции в экстремальных климатических условиях и обеспечения экономической эффективности возделывания. [2] Сокращение срока вступления в товарное плодоношение увеличивает продуктивный возраст дерева.

Корневая система используемых слаборослых клоновых подвоев выдерживает отрицательные температуры – минус 15...минус 16°C, новых подвойных форм – до минус 18...минус 20°C. [3, 15] По многолетним наблюдениям температура почвы

в регионе исследований на глубине 20 см за зимние периоды 2004–2016 годов не опускалась ниже минус 15,2°С.

Цель работы – изучить возможность применения слаборослых клоновых подвоев в условиях Южного Предбайкалья. Задачи исследования: на основании многолетних наблюдений охарактеризовать полевую зимостойкость имеющихся в коллекции клоновых подвоев; провести оценку устойчивости древесины разных генотипов к четырем компонентам зимостойкости при искусственном промораживании; определить перспективные привойно-подвойные комбинации с сортами яблони, успешно выращиваемыми в регионе; выделить перспективные для селекции формы клоновых подвоев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Собрана коллекция клоновых подвоев: селекции МичГАУ (62-396, 54-118, 70-20-20, 70-6-8, 64-143, 62-223), А.П. Апояна (Армянский НИИВиП) (Арм18), эстонской (Е56), Оренбургской ОССиВ (Урал, Урал2, Урал5, 18-7, Б-3-4, 4-12, 8-2, ОБ), Крымской ОСС (К-2).

Исследования проводили в 2017–2022 годах на опытных участках, расположенных в Иркутской области и на территории СИФИБР СО РАН (г. Иркутск).

Клоновые подвои (2...16 растений каждого генотипа) высадили в 2017 году, для контроля – сибирскую ягодную яблоню (клон, размножаемый вегетативно). Посадки рандомизированы.

Опытный участок для изучения привойно-подвойных комбинаций заложили весной 2017 года. Было высажено от 50 до 100 растений каждого генотипа: 62-396, 70-20-20, 54-118, 70-6-8, контрольный подвой – сеянцы сибирской ягодной яблони. Учитывали приживаемость подвоев, выход саженцев.

Зимостойкость растений в полевых и лабораторных условиях определяли по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». [8] Лабораторные эксперименты по искусственному промораживанию подвоев проводили на базе СИФИБР СО РАН. Для создания температуры промораживания использовали низкотемпературную камеру Binder с диапазоном отрицательных температур – минус 10... минус 80°С. Условия оттепели (5°С) моделировали в камере фирмы Binder. Время промораживания – 8...24 ч. Совместимость привоя и подвоя выявляли визуально. Результаты по зимостойкости сортов яблони на разных генотипах клоновых подвоев статистически обрабатывали по непараметрическим показателям (U-критерий Манна-Уитни, нулевая гипотеза критерия Н0, критерий Краскела-Уоллиса) в программе Statistical12.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наименьший безморозный период (100 дн.) по данным ФГБУ «Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» наблюдали в 2017 году. В остальные годы он варьировал от 120 до 128 дней (табл. 1).

В декабре 2018 года несколько раз отмечали температуру ниже минус 30°С, в конце января и начале февраля 2019 – ниже минус 40°С. Климатические условия 2019–2020 годов были сравнительно мягкими. Критическая температура (минус 30°С) держалась недолго только в начале февраля. В 2020 году самым холодным месяцем стал декабрь, средняя температура – на 3°С ниже, чем в январе. Пониженные температуры в 2021 году до минус 30°С и ниже наблюдали кратковременно в январе, феврале и марте.

В 2021 году были наиболее низкие температуры с мая по сентябрь. В 2017 году холоднее, чем обычно был сентябрь (9,2°С). Снижение средних температур в 2018 году наблюдали в июле (18,0°С), 2019 – июне (16,7°С). Самые высокие среднемесячные температуры в период вегетации, по сравнению с многолетними данными, отмечены в 2020 году. Наиболее благоприятные для развития растений по температурному режиму – 2018 и 2020 годы.

Важнейший фактор качественной зимовки многолетних растений – высота снежного покрова. Время его установления не всегда предшествовало первым критическим морозам. Необходимое количество снега (больше 15 см) наблюдали в 2017 и 2018 годах к началу декабря, 2019, 2020 и 2021 – середине декабря.

Зимостойкость – основное свойство плодовых культур, определяющее долговечность дерева и экономическую эффективность его возделывания. В сибирском садоводстве в качестве подвоев всегда использовали сеянцы сибирской ягодной яблони из-за ее зимостойкости. Привитые деревья, в зависимости от сорта, получают средне- или сильнорослыми, размер не выровнен, вступление в плодоношение даже в пределах одного сорта непостоянное, обычно это третий–четвертый год, товарное плодоношение наступает на пятый–шестой год. Максимальный срок жизни дерева составляет не более 20 лет (15 лет товарного плодоношения). Учитывая, что большинство зимостойких яблонь-полукультурок имеют периодичность плодоношения, этот срок уменьшается вдвое.

Использование клоновых подвоев позволяет в короткие сроки (два...три года) получить товарный урожай, который можно использовать для потребления в свежем виде и в качестве продуктов переработки. [5, 11, 13]

Адаптацию растений к определенным экологическим условиям можно оценивать по прохождению фенологических фаз, циклов сезонного и онтогенетического развития. [10, 12] По нашим наблюдениям фенологические фазы все виды подвоев проходили в безморозный период. Быстрее

Таблица 1.

Количество безморозных дней по годам

Год	Безморозный период, дн.
2017	100
2018	128
2019	120
2020	124
2021	122

всех достигали состояния покоя клон сибирской ягодной яблони (КСЯЯ) и Е-56. Остальные генотипы заканчивали вегетацию примерно в одно время. Только в 2018 году, когда в начале октября температура опустилась ниже минус 10°C, естественный листопад у большинства клоновых подвоев не успел закончиться.

Высокая зимостойкость на протяжении всех лет исследований отмечена у клона сибирской ягодной яблони, подвоев уральской селекции Урал и Урал 2, эстонской Е-56, низкая – 70-6-8, Арм18, К-2, у остальных – средняя. При этом высокую восстановительную способность наблюдали у подвоев 62-396, 54-118, 70-20-20, 18-7, 4-12, 62-22.

В.И. Будаговским установлено, что зимостойкость корневой системы и надземной части клоновых подвоев хорошо коррелируют. [1] Поэтому метод искусственного промораживания однолетних побегов позволяет выявить высокозимостойкие и морозоустойчивые формы клоновых подвоев, основной показатель которых в культивировании – корневая система.

Мы провели оценку устойчивости древесины разных генотипов клоновых подвоев к четырем компонентам зимостойкости (табл. 3). Результаты по первому и второму компонентам при искусственном промораживании показали, что не все изучаемые яблони выдерживают раннезимние морозы и сохраняют высокую морозоустойчивость в закаленном состоянии. Не отмечены были повреждения у черенков подвоев Урал5, 54-118, Е56, 4-12, 62-396, 62-223, 64-143, 18-7 и контрольных растений. У генотипов Б-3-4, ОБ, Урал и Урал 2 наблюдали обратимые повреждения до 2...3 баллов. Только у черенков Арм18 повреждения были летальными при температуре минус 45°C – 4,3 балла.

Способностью сохранять устойчивость к морозу в период оттепели (третий компонент зимостойкости) обладают практически все сорта подвоев, за исключением Урала, Урала 2 (2...2,3 балла) и Арм 18 (3 балла).

Восстанавливают морозостойкость при повторной закалке после оттепели (четвертый компонент) сибирская ягодная яблоня, Е56, 8-2, 62-396. Черенки подвоя Арм18 имели значительные повреждения (4,3 балла), остальные – обратимые (0,7...2,3).

Несмотря на повреждения при промораживании, подвой Урал и Урал 2 имели хорошую восстановительную способность, оценка состояния – 4...5 баллов. Самым слабым было состояние тканей Арм18 (табл. 4).

Одна из важнейших характеристик подвоя – совместимость с основными возделываемыми сортами. От качества получаемого посадочного материала зависят основные свойства плодового дерева: зимостойкость, сила роста, скороплодность, продуктивность, качество плодов. [4, 6, 14] Для определения совместимости клоновых подвоев и основных сортов яблони, используемых в садоводстве региона, в питомнике заложили серию опытов в разных комбинациях привоев и подвоев: 62-396 и яблони-полукультурки *Катюша*, *Райское*, *Превосходное*, *Лада*; 54-118 и *Катюша*, *Райское*, *Превосходное*, *Лада*; 70-6-8 и *Катюша*, *Райское*, *Превосходное*; 70-20-20 и *Катюша*, *Райское*, *Превосходное*, *Лада*, *Заветное*, яблоня-

Таблица 2.
Степень (средний балл) повреждения клоновых подвоев по годам

Клоновый подвой	2018	2019	2020	2021	2022
62-396	1	3	2	1	2
54-118	1	3	2	1	1
70-20-20	0	3	2	1	3
70-6-8	1	3	2	1	3
64-143	0	3	2	1	1
62-223	1,3	3	2	1,1	2
Арм18	2	3	3	3	3,5
Е-56	1	2	1	0,5	0
Урал	1	2	1	0	2
Урал-2	1	2	1	0	2
Урал-5	0	3	2	1	1
18-7	0	3	2	1	2
Б-3-4	1	3	2	1	2
4-12	1	2	1	0,4	1
8-2	0	3	2	1	1
ОБ	1,3	3,5	2,8	1,8	1,5
К-2	1,5	3,5	2,5	2,5	3
Яблоня ягодная	0	0	0	0	0

Таблица 3.
Степень повреждения древесины клоновых подвоев при искусственном промораживании, балл

Генотип подвоя	Минус 35°C	Минус 45°C	5°C, минус 25°C	5°C, минус 25°C, минус 35°C
62-396	0	1	0,7	0
54-118	0	0,7	1	1
70-20-20	1	2	1	1,3
62-223	0	0,3	0,7	1
64-143	0	0,2	1	1
Арм18	3	4,3	3	4,3
Е56	0	0	0	0
Урал	2	3	2,3	2,3
Урал 2	2	1,2	2	1,8
Урал 5	0	0	0,7	1,2
4-12	0	1	0,3	0,3
Б-3-4	2	2,3	1,3	1,3
8-2	1	2	0	0
18-7	0	1	0,7	0,7
ОБ	2	1	0,7	0,7
Яблоня ягодная (клон)	0	0	0	0

ранетка *Пурпуровая*; 64-143 и *Красноярский снежирек*, *Подарок садоводам*, *Соковое*, *Лада*, *Заветное*, *Пурпуровая*; Е56 и *Лада*, *Заветное*, *Пурпуровая*; К-2 и *Заветное*, *Лада*, *Пурпуровая*; Урал 5 и *Лада*, *Заветное*, *Пурпуровая*.

Контроль – клон или сеянцы сибирской ягодной яблони.

У всех сорто-подвойных комбинаций наблюдали прочное срастание подвоя с привоем, активный рост, хорошо развитый листовой аппарат, отсутствие признаков голодания, нарушения окраски.

Выход саженцев составил 81...100% на разных генотипах подвоев. Они были высажены в сад. За четыре года наблюдений (2018–2021 годы) выяс-

Таблица 4.

Общее состояние черенков в пробах на отрастание после искусственного промораживания, балл

Генотип подвоя	Минус 35°C	Минус 45°C	5°C, минус 25°C	5°C, минус 25°C, минус 35°C
62-396	3	4	4	4
54-118	3	4	4	4
70-20-20	3	3,3	5	4,3
64-143	5	4,3	4,3	4,3
62-223	4	4	4,3	4
Арм18	2	1,8	2	2
Е56	5	5	5	5
Урал	4	4	5	4,7
Урал2	4	5	4	4
Урал5	4	4	4,3	4
4-12	4	4	4	4
Б-3-4	4	3,7	3,7	3,7
18-7	4	5	4	4
8-2	5	4,7	4	4
ОБ	3	3,3	3,3	3
Ягодная яблоня (клон)	5	5	5	5

Таблица 5.

Степень повреждения (средний балл) разных сортов яблони на клоновых подвоях в питомнике и саду по годам

Подвой	Привитый сорт	2018	2019	2020	2021
70-6-8 (К-2) (полукарликовый)	<i>Катюша</i>	1	2	1	1
	<i>Превосходное</i>	2,5	2,5	2	2
	<i>Райское</i>	2	2	1	0,75
70-20-20 (К-3) (среднерослый)	<i>Катюша</i>	1,7	2	1,2	0,5
	<i>Превосходное</i>	2	2,5	2,3	2
	<i>Райское</i>	2	2,5	2,5	2
62-396 (К-4) (карликовый)	<i>Катюша</i>	1	2	1,3	1,3
	<i>Превосходное</i>	2	2,5	2,2	2
	<i>Райское</i>	2,5	2	1,2	1
	<i>Лада</i>	2	2	1,7	2
54-118 (К-5) (слаборослый)	<i>Катюша</i>	1	2	1	1,5
	<i>Превосходное</i>	2,5	2,5	2	2
	<i>Райское</i>	2,5	2,5	2	2
	<i>Лада</i>	2,5	2	1,2	1,25
Контроль (сеянец сибирской ягодной яблони)	<i>Катюша</i>	1	0	0	0
	<i>Превосходное</i>	1	2	1,5	1,25
	<i>Райское</i>	1	1	0,2	0,5
	<i>Лада</i>	1	2,5	2	2,25

Таблица 6.

Оценка степени повреждений сортов яблони в зависимости от типа подвоя по сравнению с контролем (критерий Манна-Уитни U)

Сорт	К-2	К-3	К-4	К-5
<i>Катюша</i>	24**	34**	14**	20**
<i>Превосходное</i>	28**	28**	39**	21**
<i>Райское</i>	52**	0	38,5**	0
<i>Лада</i>	-	-	117,5 P>0,05	113,5 P>0,05

Примечание. * – P<0,05; ** – P<0,01.

нили, что минимальные повреждения привитые сорта яблонь-полукультурок получили на сибирской ягодной яблоне (табл. 5). При прививке на клоновые подвои меньше всего повреждений было у сорта *Катюша*, больше – *Превосходное*, исключение – *Лада* (одинаковые повреждения при прививке на сибирской ягодной яблоне и на клоновых подвоях).

Это подтвердила статистическая оценка, в результате которой между степенью повреждений яблонь сорта *Лада* и контролем не удалось обнаружить значимых отличий (P > 0,05) у растений на разных подвоях (табл. 6).

Во всех остальных случаях (*Катюша*, *Превосходное*, *Райское* и подвои 2, 3, 4 и 5) показаны значимые отличия между сравниваемыми выборками, доказывающие, что сорт и тип подвоя влияют на степень температурных повреждений. Этот же вывод можно сделать на основании общей оценки выборок критерием Краскала-Уоллиса (H): *Катюша* – H = 30,194; *Превосходное* – H = 29,146; *Райское* – H = 44,908 (P < 0,01); *Лада* – H = 1,243 (P > 0,05).

Выводы. Клоновые подвои можно использовать в садоводстве Южного Предбайкалья. Высокая зимостойкость у подвоев уральской селекции – Урал, Урал 2 и эстонской – Е-56, низкая – 70-6-8, Арм18, К-2, у остальных – средняя. Установлена хорошая совместимость клоновых подвоев с яблонями-полукультурками. Статистически было доказано, что сорт и тип подвоя влияют на степень температурных повреждений плодового дерева. Отобраны высоко- и среднзимостойкие клоновые подвои с хорошей восстановительной способностью как перспективные для селекции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Будаговский В.И. Культура слаборослых плодовых деревьев. М.: Колос, 1976. 302 с.
- Деменина Л.Г., Савин Е.З. Продуктивность яблони на различных типах клоновых подвоев в условиях Среднего Поволжья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 23.
- Дубровский М.Л., Папихин Р.В., Кружков А.В. и др. Новые формы клоновых подвоев яблони для интенсивных садов // Инновационные проекты Мичуринского государственного аграрного университета: каталог инновационных проектов. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет. 2021. С. 24–26.
- Королев Е.Ю., Красова Н.Г. Качество посадочного материала как основа высокой скороплодности и продуктивности плодовых насаждений интенсивного типа // Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства: Мат. Межд. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, Орел, 11–14 ноября 2019 года. Орел: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур. 2019. С. 96–101.
- Котов Л.А., Савин Е.З. Яблоня на слаборослых подвоях в условиях Урала. Челябинск: Библиотека А. Миллера. 2021. 96 с. ISBN 978-5-93162-459-4.
- Мережко О.Е., Борисова А.А., Аминова Е.В. Сравнительное изучение насаждений яблони на семенных и клоновых подвоях в условиях степной зоны Южного

- Урала // Садоводство и виноградарство. 2021. № 3. С. 50–56. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-50-56.
7. Наконечная О.А. Драйверы и тренды развития промышленного садоводства в регионе // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса: сб. трудов Межд. науч.-практ. онлайн конф. (г. Новосибирск, 13 октября 2020 г.). Новосиби. гос. аграр. ун-т. Новосибирск, 2020. С. 102–104.
 8. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Под общей редакцией академика РАСХН, д. с-х. наук Е.Н. Седова). Орел: Изд-во Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур, 1995. 502 с.
 9. Савин Е.З., Чугунов В.Г., Антипенко М.И., Кузнецов А.А. Продуктивность и экономическая эффективность выращивания яблони на клоновых подвоях в условиях Среднего Поволжья Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. 4 (96). С. 61–66. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-96-4-61-66.
 10. Усольцев В.А., Цепордей И.С. Пространственно-временное замещение в экологии и проблема адаптации растений в условиях изменения климата // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 4 (79). С. 4–39. DOI: 10.51318/FRET.2021.55.23.001.
 11. Azio G. Genetics, Breeding, and Genomics of Apple Rootstocks. In: Korban, S.S. (eds) The Apple Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74682-7_6.
 12. Hyles J., Bloomfield M.T., Hunt J.R. Phenology and related traits for wheat adaptation // Heredity. 2020. 125. P. 417–430. <https://doi.org/10.1038/s41437-020-0320-1>.
 13. Jat M.L., Jat R.K., Shivran J.S. Apple rootstock: capabilities and characteristics // Recent Innovative Approaches in Agricultural Science. 2022. P. 154–163. ISBN: 978-93-91768-85-0.
 14. Petri J.L., Hawerth F.J., Fazio G. et al. Advances in fruit crop propagation in Brazil and worldwide-apple trees // Rev. Bras. Frutic. 2019. 41 (3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452019004>.
 15. Wang Yi, Li Wei, Xu Xuefeng et al. Progress of Apple Rootstock Breeding and Its Use // Horticultural Plant Journal. September 2019. Vol. 5. Issue 5. P. 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.06.001>.
 4. Korolev E.Yu., Krasova N.G. Kachestvo posadochnogo materiala kak osnova vysokoj skoroplodnosti i produktivnosti plodovyh nasazhdenij intensivnogo tipa // Rol' molodyh uchenykh v innovacionnom razvitii sel'skogo hozyajstva: Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov, Orel, 11–14 noyabrya 2019 goda. Orel: Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zernobobovyh i krupyanyh kul'tur. 2019. S. 96–101.
 5. Kotov L.A., Savin E.Z. Yablonya na slaboroslyh podvoyah v usloviyah Urala. CHelyabinsk: Biblioteka A. Millera. 2021. 96 s. ISBN 978-5-93162-459-4.
 6. Merezhko O.E., Borisova A.A., Aminova E.V. Sravnitel'noe izuchenie nasazhdenij yabloni na semennyh i klonovyh podvoyah v usloviyah stepnoj zony YUzhnogo Urala // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021. № 3. С. 50–56. DOI 10.31676/0235-2591-2021-3-50-56.
 7. Nakonechnaya O.A. Drajvery i trendy razvitiya promyshlennogo sadovodstva v regione // Prioritetnye napravleniya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sb. trudov Mezhd. nauch.-prakt. onlajn konf. (g. Novosibirsk, 13 oktyabrya 2020 g.). Novosib. gos. agrar. un-t. Novosibirsk, 2020. S. 102–104
 8. Programma i metodika selekcii plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur (Pod obshej redakciej akademika RASKHN, d. s-h. nauk E.N. Sedova). Orel: Izd-vo Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta selekcii plodovyh kul'tur, 1995. 502 s.
 9. Savin E.Z., Chugunov V.G., Antipenko M.I., Kuznetsov A.A. Produktivnost' i ekonomicheskaya effektivnost' vyrashchivaniya yabloni na klonovyh podvoyah v usloviyah Srednego Povolzh'ya Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. 4 (96). С. 61–66. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-96-4-61-66.
 10. Usol'cev V.A., Cepordej I.S. Prostranstvenno-vremennoe zameshchenie v ekologii i problema adaptacii rastenij v usloviyah izmeneniya klimata // Lesa Rossii i hozyajstvo v nih. 2021. № 4 (79). С. 4–39. DOI: 10.51318/FRET.2021.55.23.001.
 11. Azio G. Genetics, Breeding, and Genomics of Apple Rootstocks. In: Korban, S.S. (eds) The Apple Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74682-7_6.
 12. Hyles J., Bloomfield M.T., Hunt J.R. Phenology and related traits for wheat adaptation // Heredity. 2020. 125. P. 417–430. <https://doi.org/10.1038/s41437-020-0320-1>.
 13. Jat M.L., Jat R.K., Shivran J.S. Apple rootstock: capabilities and characteristics // Recent Innovative Approaches in Agricultural Science. 2022. P. 154–163. ISBN: 978-93-91768-85-0.
 14. Petri J.L., Hawerth F.J., Fazio G. et al. Advances in fruit crop propagation in Brazil and worldwide-apple trees // Rev. Bras. Frutic. 2019. 41 (3). <https://doi.org/10.1590/0100-29452019004>.
 15. Wang Yi, Li Wei, Xu Xuefeng et al. Progress of Apple Rootstock Breeding and Its Use // Horticultural Plant Journal. September 2019. Vol. 5. Issue 5. P. 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.06.001>.

REFERENCES

1. Budagovskij V.I. Kul'tura slaboroslyh plodovyh derev'ev. M.: Kolos, 1976. 302 s.
2. Demenina L.G., Savin E.Z. Produktivnost' yabloni na razlichnyh tipah klonovyh podvov v usloviyah Srednego Povolzh'ya // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 2. S. 23.
3. Dubrovskij M.L., Papihin R.V., Kruzhhkov A.V. i dr. Novye formy klonovyh podvov yabloni dlya intensivnyh sadov // Innovacionnye proekty Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta: katalog innovacionnyh proektov. Michurinsk: Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2021. S. 24–26.

Поступила в редакцию 22.02.2023

Принята к публикации 09.03.2023

АДАПТИВНЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ МЕТАБОЛИЗМА ВИНОГРАДА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД*

Галина Константиновна Киселева, кандидат биологических наук
Ирина Анатольевна Ильина, доктор технических наук
Наталья Михайловна Запорожец, кандидат сельскохозяйственных наук
Виктория Викторовна Соколова, кандидат сельскохозяйственных наук
Евгений Олегович Луцкий

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар, Россия
E-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Аннотация. В нестабильных погодных условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края актуальность проблемы зимостойкости винограда возрастает в связи с повышением среднегодовой температуры воздуха на фоне увеличения частоты проявления низких критических температур в зимний период. Изучены адаптивные перестройки метаболизма винограда, связанные с устойчивостью к зимним стрессам. Исследованы сорта винограда различного эколого-географического происхождения: Кристалл, Достойный, Красностоп АЗОС, Восторг, Алиготе, Зариф. Проведенным электрофоретическим разделением пероксидаз в полиакриламидном геле у изучаемых сортов винограда выявлено, что количественный и качественный состав изоформ изменяется в течение зимнего периода и зависит от сорта и влияния стрессового фактора. Осенью и зимой у сортов Кристалл, Красностоп АЗОС, Восторг отмечено повышенное суммарное содержание антоцианов (13,2–14,4 усл. ед.), аскорбиновой кислоты в побегах (13,7–18,4 мкг/г сырого веса) в отличие от Алиготе и Зариф. По результатам исследований установлено, что Кристалл обладает повышенной морозостойкостью, за ним в порядке убывания следуют Красностоп АЗОС, Восторг, Достойный. Указанные сорта обладают большими адаптивными возможностями в нестабильных условиях меняющегося климата и их можно рекомендовать для возделывания в Анапо-Таманской зоне, а также использования в селекции как источников морозостойкости. Сорта Алиготе, Зариф менее морозостойкие.

Ключевые слова: виноград, Анапо-Таманская зона, сорт, морозостойкость, электрофоретическое разделение пероксидаз, антоцианы, аскорбиновая кислота

ADAPTIVE RESTRUCTURING OF GRAPE METABOLISM IN WINTER PERIOD

G.K. Kiseleva, PhD in Biological Sciences
I.A. Ilyina, Grand PhD in Engineering Sciences
N.M. Zaporozhets, PhD in Agricultural Sciences
V.V. Sokolova, PhD in Agricultural Sciences
E.O. Lutsky

Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Federal scientific center for horticulture, viticulture, winemaking, Krasnodar, Russia
E-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Abstract. In the unstable conditions of the Anapo-Taman zone of the Krasnodar Krai, the urgency of the problem of winter hardiness of grapes increases due to an increase in the average annual air temperature against the background of an increase in the frequency of low critical air temperatures in the winter. The adaptive rearrangements of grape metabolism associated with resistance to winter stresses have been studied. Objects of research: grape varieties of different ecological and geographical origin: Crystal, Dostoiny, Krasnostop AZOS, Vostorg, Aligote, Zarif. The electrophoretic separation of peroxidases in polyacrylamide gel in the studied grape varieties revealed that the quantitative and qualitative composition of isoforms changed during the winter period and depended on the variety and the influence of the stress factor. During the autumn-winter period, the varieties Crystal, Krasnostop AZOS, Vostorg revealed an increased total content of anthocyanins in (13.2–14.4 conventional units), ascorbic acid in shoots (13.7–18.4 µg/g of raw weight) in contrast to the varieties Aligote, Zarif. According to the research, it was found that the Crystal grape variety has increased frost resistance, followed in descending order by Krasnostop AZOS, Vostorg, Dostoiny. These varieties have great adaptive capabilities in unstable conditions of a changing climate and are recommended for cultivation in the Anapo-Taman zone, as well as for use in breeding as sources of frost resistance. Varieties Aligote, Zarif are singled out as less frost-resistant.

Keywords: grapes, Anapo-Taman zone, variety, frost resistance, electrophoretic separation of peroxidases, anthocyanins, ascorbic acid

Виноград – высокопродуктивная сельскохозяйственная культура, приоритетная для возделывания на Юге России в промышленных масштабах. Из-за большого содержания витаминов, микроэлементов и антиоксидантов ягоды винограда используют для

потребления в свежем виде и производства соков и вина. [3]

Урожайность винограда и качество ягод зависит от условий возделывания, агротехнических приемов, экологических факторов. Важное значение для

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/19 / The research was carried out with the financial support of the Kuban Scientific Foundation within the framework of the scientific project No. IFI-20.1/19.

растения имеет температура воздуха. На территории Анапо-Таманской зоны среднегодовая температура воздуха с 1960 по 1985 год уменьшилась на 0,8°C, а с 1986 по 2021 увеличилась на 2,2°C; максимальная температура воздуха с 1960 по 2021 год возросла на 3,3°C, минимальная – 2,3°C. В то же время участились стрессовые температуры воздуха в зимний период. Если с 1960 по 1990 годы минимальная температура воздуха (ниже минус 18°C) опускалась два раза, то с 1991 по 2021 – пять. [6]

Важным требованием к современному сортименту винограда становится его экологическая пластичность и высокая адаптивность к абиотическим стрессам. [3] Физиолого-биохимические показатели (водный режим, активность ферментов, содержание углеводов, фенольных соединений, аскорбиновой кислоты, пролина) широко используют для выявления устойчивых к низким температурам сортов плодовых и других растений. [5, 11, 13–15]

Цель работы – выявить устойчивые сорта винограда к стрессорам зимнего периода по электрофоретическому разделению пероксидаз, содержанию антоцианов, аскорбиновой кислоты для возделывания в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края и использования в селекции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы отбирали в осенне-зимние периоды 2020–2022 годов на участках ампелографической коллекции Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия (АЗОСВиВ) – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ (г. Анапа). Физиолого-биохимические исследования проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений, центре коллективного пользования технологичным оборудованием по направлениям: геномные и постгеномные технологии; физиолого-биохимические и микробиологические, почвенные, агрохимические и экотоксикологические исследования; пищевая безопасность.

Объект изучения – межвидовые гибриды винограда: *Кристалл* (контроль) – евро-амуро-американского происхождения; *Красностоп АЗОС*, *Достойный* – евро-американского; *Восторг* – амуро-американского; *Зариф* – восточно-европейского; *Алиготе* – западно-европейского происхождения. Год посадки растений – 1995, подвой – Кобер 5ББ. Формировка – двусторонний высокоштамбовый спиральный кордон АЗОС. Возделывали растения на черном паре, схема посадки – 3 × 2,5 м.

Биохимические показатели определяли в однолетних побегах, с которых скальпелем снимали слои опробковевшей и отмершей корки. Затем скабливали луб с древесиной до сердцевины, измельчали ножницами, из средней пробы брали навеску. Исследования проводили в трехкратной повторности (по 10 побегов). Для получения белкового экстракта использовали жидкий азот. Количество белка в пробах определяли по методике М. Bradford. [10] Экстракты, содержащие 10 мкг белка, разделяли нативным электрофорезом в 12%-м полиакриламидном геле на вертикально расположенных пластинах с последующим окрашиванием бензидином и добавлением пероксида водорода. [7]

В качестве белкового маркера использовали Spectra Multicolor Broad Range Protein Ladder, Thermo Scientific (USA). Перед искусственным промораживанием (морозильная камера Gronland, 24 ч, минус 20°C) и после него побеги выдерживали в холодильной камере при температуре 4°C пять дней.

Для анализа содержания антоцианов из средней пробы побегов отбирали навеску массой 0,2 г, измельчали и заливали 10 мл 0,1 N соляной кислоты, настаивали 2 ч при периодическом взбалтывании. После центрифугирования интенсивность окраски измеряли на фотокалориметре ФЭК-56, длина волны – 490 нм. Полученные результаты измерений оптической плотности выражали в условных единицах согласно методике. [8] Содержание аскорбиновой кислоты устанавливали методом капиллярного электрофореза на приборе Капель 104Р по методике, основанной на получении электрофоретической картины с помощью прямого детектирования поглощающих компонентов пробы. [9] Экспериментальные данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики. [2]

РЕЗУЛЬТАТЫ

За изучаемый период в ноябре максимальная температура воздуха достигала 20°C, минимальная – минус 2°C, декабре – 19°C, минус 8°C, январе – 17°C, минус 10°C, феврале – 16°C, минус 10°C соответственно. Среднемесячное количество осадков – 47,3; 71,0; 85,5; 52,5 мм соответственно.

В стрессовых для растений условиях изменяется изоферментный состав пероксидазы, формируется уникальный набор молекулярных форм фермента (изоформы). При низкой температуре электрофоретический спектр пероксидазы расширяется у растений пшеницы, яблони, винограда. [1, 4, 13]

Проведенным нами электрофоретическим разделением пероксидаз в полиакриламидном геле у сортов выделено три группы изоформ, выявлена их разнокачественность (рис. 1).

В первой группе пероксидазы с молекулярной массой 40, 45, 50 кДа. Изоформы с молекулярной массой 40 кДа (инертные) обнаружены у всех изучаемых сортов, их активность не связана с температурой, они всегда присутствовали в электрофоретическом спектре. Изоформы с массой 45 кДа отмечены у всех сортов только в ноябре, по-видимому, их наличие связано с подготовкой к зимовке. Изоформы с массой 50 кДа найдены в ноябре и январе только у *Кристалла*, у остальных сортов они появлялись в феврале. На основании этого *Кристалл* можно считать сортом с повышенной морозостойкостью. Также изоформы с массой 50 кДа наблюдали при искусственном промораживании побегов при минус 20°C у сорта *Красностоп АЗОС*, поэтому по степени устойчивости его можно поставить после сорта *Кристалл*.

Вторая группа включает изоформы с массой 60, 70 и 90 кДа. Пероксидазы с массой 60 кДа обнаружены в феврале у *Кристалла*, они связаны с повышенной морозостойкостью в конце зимы. Изоформы с массой 70 кДа присутствуют всегда у всех сортов, это инертные формы пероксидаз. Изоформа с массой 90 кДа определена в ноябре у *Кристалла*,

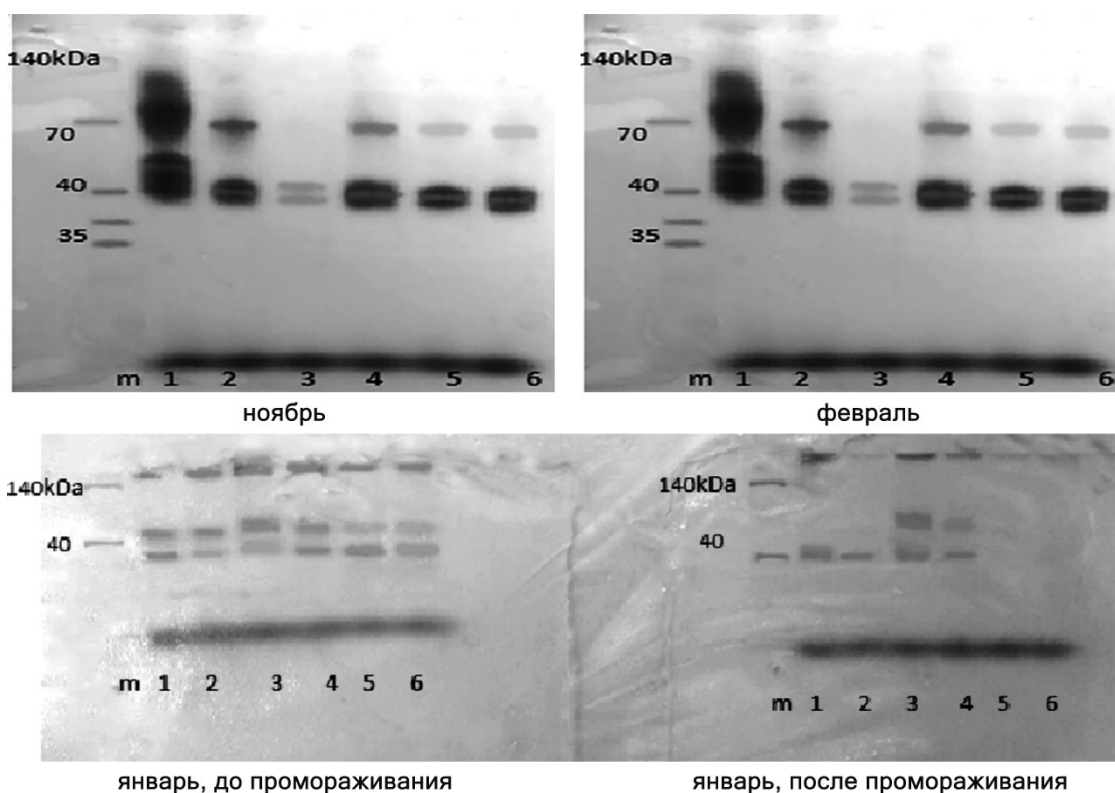


Рис. 1. Электрофоретические энзимограммы изоформ пероксидаз:

1 – *Кристалл*, 2 – *Достойный*, 3 – *Красностон АЗОС*, 4 – *Восторг*, 5 – *Алиготе*, 6 – *Зариф*, m – белковый маркер.

январе – *Восторга*. Она не появляется у последнего после искусственного промораживания, следовательно, *Восторг* менее морозостойчив, чем *Кристалл*.

Третью группу составляют пероксидазы с молекулярной массой 120 и 140 кДа. Изоформы с массой 120 кДа обнаружены в ноябре только у *Кристалла*, в феврале они появляются у всех остальных сортов. Следует отметить, что в январе, в период проявления максимальной морозостойкости и при искусственном промораживании их нет, по-видимому, они не связаны с устойчивостью к экстремально низким температурам. Изоформы с массой 140 кДа найдены у всех сортов в ноябре и январе, в феврале они остаются у сортов *Кристалл*, *Достойный*, *Красностон АЗОС*, *Восторг*, а у *Алиготе*, *Зариф*, выделенных как менее морозостойкие, исчезают, при искусственном промораживании появляются только у *Красностана АЗОС*, *Восторга*, что подтверждает их большую степень морозостойкости по сравнению с *Достойным*, *Алиготе*, *Зарифом*.

Количественный и качественный состав изоформ меняется в зависимости от сорта и влияния стрессового фактора. Только у *Кристалла* в отличие от других сортов обнаружено большее количество изоформ, в том числе специфических (масса – 50, 60, 90 кДа), связанных с его повышенной морозостойкостью. У *Красностана АЗОС* изоформа с массой 50 кДа появляется только при искусственном промораживании, у *Восторга* изоформа с массой 90 кДа – в январе. Поэтому по степени морозостойкости в порядке убывания за *Кристаллом* следуют *Красностон АЗОС*, *Восторг*, *Достойный*, *Алиготе*, *Зариф*, так как у них в феврале исчезают

изоформы с массой 140 кДа в отличие от других изучаемых сортов.

Подготовка виноградной лозы к зиме сопровождается изменениями в метаболизме антоцианов, выполняющих защитную функцию к переменным температурам, как термоаккумулирующий свето-защитный барьер. [4, 5]

В наших исследованиях максимальное содержание антоцианов обнаружено в декабре – 3,2...6,5 усл. ед. в зависимости от сорта (рис. 2).

В январе и феврале содержание антоцианов у всех сортов уменьшалось в связи с расходом на формирование защитного ответа. Повышенное суммарное количество антоцианов отмечено у *Кристалла*, *Красностана АЗОС*, *Восторга* (13,2...14,4 усл. ед.), пониженное – *Алиготе*, *Зарифа* (10,6...10,9 усл. ед.).

Аскорбиновая кислота – косвенный показатель морозостойкости растений. Ее защитные свойства проявляются в торможении поступления воды, изменении ее подвижности внутри клеток. Сорта растений с повышенной зимостойкостью накапливали больше аскорбиновой кислоты. [5, 12] За осенне-зимний период ее повышенное суммарное содержание отмечено у *Кристалла*, *Красностана АЗОС*, *Восторга* (13,7...18,4 мкг/г сырого веса), пониженное – *Алиготе*, *Зарифа* (9,8...10,2 мкг/г сырого веса) (рис. 3).

Данные электрофоретического разделения пероксидаз, содержание антоцианов, аскорбиновой кислоты в побегах можно рассматривать в качестве критериев устойчивости сортов винограда к пониженным температурам зимнего периода. По этим параметрам установлено, что сорт винограда *Кристалл* обладает повышенной морозостойкостью,

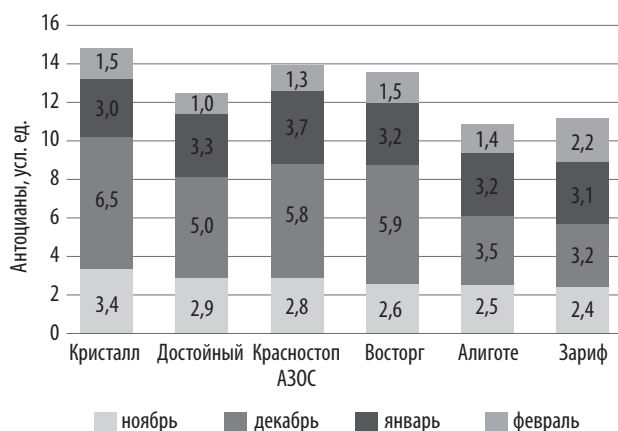


Рис. 2. Динамика суммарного содержания антоцианов в коре винограда (средние значения) в осенне-зимние периоды 2020–2022 годов. НСР_{0,05}: ноябрь – 1,31; декабрь – 1,96; январь – 2,01; февраль – 1,85.

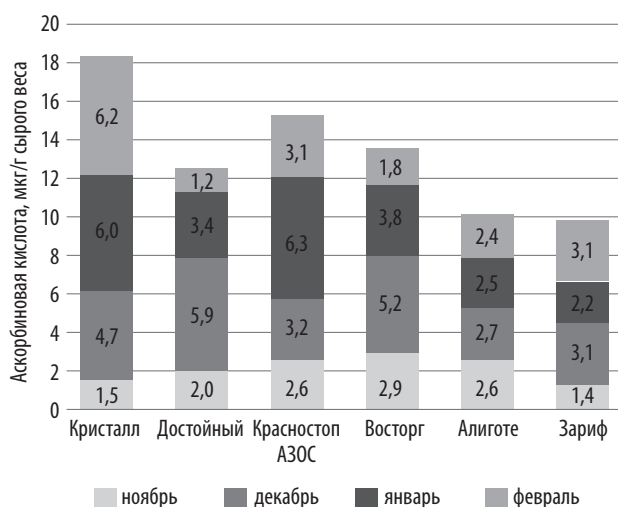


Рис. 3. Динамика суммарного содержания аскорбиновой кислоты в побегах винограда (средние значения) в осенне-зимние периоды 2020–2022 годов. НСР_{0,05}: ноябрь – 1,92; декабрь – 0,86; январь – 1,12; февраль – 1,34.

за ним в порядке убывания следуют *Красностоп АЗОС*, *Восторг*, *Достойный*. Указанные сорта обладают большими адаптивными возможностями в нестабильных условиях меняющегося климата и их можно рекомендовать для возделывания в Анапато-Таманской зоне, а также использования в селекции как источников морозостойкости. Сорта *Алиготе*, *Зариф* менее морозостойкие.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гольшклина Л.В. Электрофорез в полиакриламидном геле белковых систем плодовых культур // Селекция и сорторазведение садовых культур. Орел: ВНИИСПК, 2007. С. 56–63.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Егоров Е.А. Селекция винограда – ключевое звено в развитии виноградарственно-виноделической отрасли // Вавилонский журнал генетики и селекции. 2021. № 25 (4). С. 408–413. DOI: 10.18699/VJ21.045.

4. Колупаев Ю.Е., Горелова Е.И., Ястреб Т.О. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Серия биология. 2018. № 1 (43). С. 6–33.
5. Красова Н.Г. Адаптивный потенциал сортов яблони // Садоводство и виноградарство. 2015. № 3. С. 38–45. DOI: 10.31676/0235-2591-2015-3-38-45.
6. Петров В.С., Ильина И.А., Панкин М.И. и др. Методология системного управления продукционным потенциалом ампелоценозов в условиях изменения климата и интенсификации производства // Научные труды СКФНЦСВВ. 2022. Т. 34. С. 99–112. DOI: 10.30679/2587-9847-2022-34-99-112.
7. Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Шевякова Н.И. Методы оценки содержания активных форм кислорода, низкомолекулярных антиоксидантов и активностей основных антиоксидантных ферментов // Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений. Под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. М.: 2012, С. 355–356.
8. Соловьева М.А. Оценка зимостойкости плодовых культур // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство). Ленинград: ВИР, 1988. С. 163–164.
9. Якуба Ю.Ф., Ильина И.А., Захарова М.В., Лифарь Г.В. Методика определения массовой концентрации аскорбиновой, хлорогеновой и кофейной кислот в побегах и листьях плодовых культур и винограда с применением капиллярного электрофореза // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. С. 68–73.
10. Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analytical Biochemistry. 1976. No. 72. P. 248–254. DOI: 10.1016/0003-2697(76)90527-3
11. Călugăr A., Cordea M.I., Babeş A., Fejer M. Dynamics of Starch Reserves in Some Grapevine Varieties (*Vitis vinifera* L.) During Dormancy // Bulletin UASVM Horticulture. 2019. No. 76 (2). P. 185–192. DOI: 10.15835/buasvmcn-hort:2019.0008.
12. Ishikawa T., Maruta T., Yoshimura K., Smirnoff N. Biosynthesis and regulation of ascorbic acid in plants // Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants. Springer, Cham, 2018. P. 163–179. DOI: 10.1007/978-3-319-75088-0.
13. Jahnke G. Isoenzyme and microsatellite analysis of *Vitis vinifera* L. varieties from the Hungarian grape germplasm // Scientia Horticulturae. 2009. No. 120 (2). P. 213–221. DOI: 10.1016/j.scienta.2008.11.021.
14. Karami H., Rezaei M., Sarkhosh A. Cold Hardiness Assessment in Seven Commercial Fig Cultivars (*Ficus carica* L.) // Gesunde Pflanzen. 2018. No. 70. P. 195–203. DOI: 10.1007/s10343-018-0431-2.
15. Wang Y., Hu Y., Chen B. et al. Physiological mechanisms of resistance to cold stress associated with 10 elite apple rootstocks // Journal of integrative agriculture. 2018. No. 17 (4). P. 857–866. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61760-X.

REFERENCES

1. Golyshkina L.V. Elektroforez v poliakrilamidnom gele belkovykh sistem plodovykh kul'tur // Selekcija i sortorazvedenie sadovykh kul'tur. Орел: VNIISPК, 2007. S. 56–63.

2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Egorov E.A. Selekcija vinograda – klyuchevoe zveno v razvitii vinogrado-vinodel'cheskoj otrasli // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2021. № 25 (4). S. 408–413. DOI: 10.18699/VJ21.045.
4. Kolupaev Yu.E., Gorelova E.I., Yastreb T.O. Mekhanizmy adaptacii rastenij k gipotermii: rol' antioksidantnoj sistemy // Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta. Seriya biologiya. 2018. № 1 (43). S. 6–33.
5. Krasova N.G. Adaptivnyj potencial sortov yabloni // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2015. № 3. S. 38–45. DOI: 10.31676/0235-2591-2015-3-38-45.
6. Petrov V.S., Il'ina I.A., Pankin M.I. i dr. Metodologiya sistemnogo upravleniya produkcionnym potencialom ampelocenzov v usloviyah izmeneniya klimata i intensivizacii proizvodstva // Nauchnye trudy SKFNCSVV. 2022. T. 34. S. 99–112. DOI: 10.30679/2587-9847-2022-34-99-112.
7. Radyukina N.L., Ivanov Yu.V., Shevyakova N.I. Metody ocenki sodержaniya aktivnyh form kisloroda, nizkomolekulyarnyh antioksidantov i aktivnostej osnovnyh antioksidantnyh fermentov // Molekulyarno-geneticheskie i biohimicheskie metody v sovremennoj biologii rastenij. Pod red. V.I.V. Kuznecova, V.V. Kuznecova, G.A. Romanova. M.: 2012, S. 355–356.
8. Solov'eva M.A. Ocenka zimostojkosti plodovyh kul'tur // Diagnostika ustojchivosti rastenij k stressovym vozdeystviyam (metodicheskoe rukovodstvo). Leningrad: VIR, 1988. S. 163–164.
9. Yakuba Yu.F., Il'ina I.A., Zaharova M.V., Lifar' G.V. Metodika opredeleniya massovoj koncentracii askorbinovoj, hlorogenovoj i kofejnoj kislot v pobegah i list'yah plodovyh kul'tur i vinograda s primeneniem kapillyarnogo elektroforeza // Sovremennye instrumental'no-analiticheskie metody issledovaniya plodovyh kul'tur i vinograda. Krasnodar: SKZ-NIISiV, 2015. S. 68–73.
10. Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analytical Biochemistry. 1976. No. 72. P. 248–254. DOI: 10.1016/0003-2697(76)90527-3.
11. Călugăr A., Cordea M.I., Babeş A., Fejer M. Dynamics of Starch Reserves in Some Grapevine Varieties (*Vitis vinifera* L.) During Dormancy // Bulletin UASVM Horticulture. 2019. No. 76 (2). P. 185–192. DOI: 10.15835/buasvmcn-hort:2019.0008.
12. Ishikawa T., Maruta T., Yoshimura K., Smirnoff N. Biosynthesis and regulation of ascorbic acid in plants // Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants. Springer, Cham, 2018. P. 163–179. DOI: 10.1007/978-3-319-75088-0.
13. Jahnke G. Isoenzyme and microsatellite analysis of *Vitis vinifera* L. varieties from the Hungarian grape germplasm // Scientia Horticulturae. 2009. No. 120 (2). P. 213–221. DOI: 10.1016/j.scienta.2008.11.021.
14. Karami H., Rezaei M., Sarkhosh A. Cold Hardiness Assessment in Seven Commercial Fig Cultivars (*Ficus carica* L.) // Gesunde Pflanzen. 2018. No. 70. P. 195–203. DOI: 10.1007/s10343-018-0431-2.
15. Wang Y., Hu Y., Chen B. et al. Physiological mechanisms of resistance to cold stress associated with 10 elite apple rootstocks // Journal of integrative agriculture. 2018. No. 17 (4). P. 857–866. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61760-X.

Поступила в редакцию 03.03.2023

Принята к публикации 17.03.2023

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ АГРОМЕЛИОРАЦИИ И ДРЕНАЖА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

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

Аннотация. Изучена эффективность полосного рыхления на глубину 50–60 см и объемного щелевания почвы (45–50 см), их влияние на продуктивность полевых культур и агрофизические свойства осушаемых почв с разными мелиоративными системами (междренное расстояние – 18 и 28 м). Опыт проводили в 2015–2021 годах на агрополигоне «Губино» Всероссийского НИИ мелиорированных земель (Тверская область). Почва дерново-подзолистая окультуренная легкоуглинистая глееватая, осушаемая закрытым гончарным дренажем, сформированная на морене. Объемное щелевание выполняли специально разработанным орудием с заполнением подпахотной части щели измельченной соломой и растительными остатками в смеси с гумусовым слоем, мелиоративное рыхление (МР) – переоборудованным чизельным плугом. Шаг щелевания и МР – 140 см. По обобщенным данным лучшие результаты на обеих системах дренажа получены в варианте с объемным щелеванием. Мелиоративное рыхление увеличило урожайность зерновых культур в среднем за пять лет на 0,60 т/га (17,0%) и 0,79 т/га (20,7%), щелевание – 0,90 и 1,02 т/га (25,6 и 26,7%) соответственно. Дополнительный сбор зерна за пятилетний период действия МР на расчетном дренаже составил 3,0, разреженном – 3,95 т/га, а при объемном щелевании почвы – 4,5 и 5,1 т/га соответственно. На рапсе яровой лучшие результаты были получены также с разреженным дренажем и объемным щелеванием почвы. Урожайность зеленой массы в этом варианте в среднем за три года увеличилась на 3,6 т/га (19,0%) зеленой массы. Установлено, что на дерново-подзолистых легкоуглинистых глееватых почвах с атмосферным типом водного питания при проектировании мелиоративных систем для полевых севооборотов возможно применение дренажных систем с расширенными, по сравнению с расчетными, междренными расстояниями, что способствует снижению затрат на устройство дренажа. Применение агромелиоративных приемов повышает эффективность разреженного дренажа.

Ключевые слова: осушаемая почва, дренаж, зерновые культуры, рапс яровой, многолетние травы, мелиоративное рыхление, объемное щелевание, агрофизические свойства, урожайность, структура урожая

INFLUENCE OF AGROMELIORATION AND DRAINAGE METHODS ON THE FIELD CROPS PRODUCTIVITY

Yu.I. Mitrofanov, *PhD in Agricultural Sciences*
M.V. Gulyaev, *PhD in Agricultural Sciences*
N.K. Pervushina

FRC “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow, Russia
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. The effectiveness of ameliorative strip loosening to a depth of 50–60 cm and volumetric soil slotting to 45–50 cm, their influence on the productivity of field crops and agrophysical properties of drained soils with different ameliorative systems (interdrainage distance of 18 and 28 m) was studied. The experiment was carried out in the period 2015–2021. at the Gubino agricultural polygon of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (Tver Region). The soil is soddy-podzolic cultivated light loamy gleyic, drained by closed pottery drainage, formed on a moraine. Volumetric slotting was carried out with a specially designed tool with filling the subarable part of the slot with crushed straw and plant residues mixed with a humus layer. Ameliorative loosening (MR) was carried out with a converted chisel plow. The pitch of slotting and MR is 140 cm. According to the generalized data, the best results on both drainage systems were obtained in the variant with volume slotting. Ameliorative loosening increased the yield of grain crops, on average over 5 years, by 0.60 t/ha (17.0%) and 0.79 t/ha (20.7%), slotting by 0.90 and 1.02 t/ha (25.6 and 26.7%), respectively. Additional grain harvest for the five-year period of MR action on the estimated drainage was 3.0, on sparse – 3.95 t/ha, and with volumetric slotting of the soil – 4.5 and 5.1 t/ha, respectively. On spring rapeseed, the best results were also obtained in the variant with sparse drainage and volumetric slotting of the soil. The increase in the yield of green mass in this variant, on average over 3 years, amounted to 3.6 t/ha of green mass, or 19.0%. It has been established that on soddy-podzolic light loamy gleyic soils with an atmospheric type of water supply, when designing ameliorative systems for field crop rotations, it is possible to use drainage systems with extended, compared to the calculated, interdrainage distances, which helps to reduce the cost of drainage. The use of land reclamation techniques increases the efficiency of sparse drainage.

Keywords: drained soil, drainage, grain crops, spring rapeseed, perennial grasses, ameliorative loosening, volumetric slotting, agrophysical properties, productivity, crop structure

Приемы агромелиоративной обработки – важное звено адаптивных систем земледелия на осушаемых почвах и неотъемлемая часть проектов мелиора-

ции. [2, 7, 9, 12] Осушаемые земли нуждаются в более интенсивном рыхлении почвы по сравнению с обычными, применении дополнительных приемов

Таблица 1.

Гидротермические условия вегетационных периодов по годам

Период	ГТК по Селянину						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Май – август	1,56	1,36	2,26	1,24	1,46	2,48	0,86
Май – июль	1,92	1,20	2,78	1,49	0,87	2,73	0,77
Май	2,42	0,68	3,90	1,41	0,81	3,60	0,22

по оптимизации водно-воздушного режима и усилению водорегулирующего действия дренажа. [1, 8, 13, 14] По влиянию на водный режим агромелиоративные приемы (АП) подразделяются на две группы. Одни направлены на усиление поверхностного и внутрипочвенного стока по пахотному слою почвы, другие – внутрипочвенного стока по пахотному и подпахотному слоям почвы, увеличение ее водовместимости и водопроницаемости, улучшение работы дренажа. [4, 6, 10] Во второй группе наиболее важная роль в оптимизации водно-воздушного режима в осушаемых почвах с низкой водопроницаемостью принадлежит глубокому мелиоративному рыхлению (МР) и шелеванию почвы на глубину до 50...60 см. [5, 11]

Цель работы – оценить эффективность и длительность влияния мелиоративного рыхления и объемного шелевания на агрофизическое состояние дренированной почвы и продуктивность полевых культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на экспериментальном участке Всероссийского НИИ мелиорированных земель с разными мелиоративными системами, расположенном на агрополигоне «Губино» в Тверской области.

Схема опыта: 1. Дискование на 6...8 см, вспашка – 20...22 см (контроль); 2. Дискование на 6...8 см, вспашка – 20...22 см + мелиоративное полосное рыхление – 50...60 см; 3. Дискование на 6...8 см + объемное шелевание – 45...50 см + дискование в два следа – 10...12 см.

В варианте с шелеванием для исключения уплотнения и разрушения щелей трактор, проводящий дискование, двигался по следам, оставленным трактором, выполнявшим шелевание. В последующие годы основная обработка почвы во всех вариантах опыта состояла из вспашки на глубину 20...22 см. Использовали две мелиоративные системы – с междренными расстояниями 18 и 28 м, глубина заложения дрен – 0,9...1,2 м. Начало опыта – осень 2014 года после уборки озимой ржи. Технология объемного шелевания предусматривает формирование широких щелей (16 см) на глубину 45...50 см, заполнение подпахотной их части измельченной соломой и смесью растительных остатков с гумусовым слоем. Шелевание выполняли специально разработанным, запатентованным орудием, представляющим собой щелерез с механизмами для подачи растительных остатков и измельченной соломы зерновых культур в подпахотный слой почвы, мелиоративное рыхление – переоборудованным чизельным плугом ПЧ – 2,5. Шаг рыхления и шелевания – 1,4 м.

Исследования проводили в двух севооборотах при прямом действии АП и в последствии на второй-седьмой годы на зерновых культурах (овес, яровая пшеница, озимая рожь, озимая тритикале), рапсе яровом и многолетних травах. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая с атмосферным типом водного питания, коэффициент фильтрации почвы с поверхности 0,07 м/сут. Перед закладкой опыта основные показатели агрохимиче-

ских свойств почвы пахотного слоя: рН – 5,27...5,56, содержание гумуса – 3,07...4,42%, подвижных форм фосфора – 22,0...25,1, калия – 10,9...12,1 мг/100 г почвы. Повторность опыта трех-, четырехкратная, площадь делянок – 80...100 м². Учет урожая зерновых культур проводили сноповым и комбайновым способами с пересчетом на стандартную влажность (14%) зерна. Достоверность приростов урожая определяли методом дисперсионного анализа. [3] Характеристика погодных условий приведена в таблице 1.

Три года погодные условия в мае были засушливыми и столько же – избыточно влажными. Засушливым по ГТК с мая по август был 2021 год, избыточно влажными – 2017 и 2020 годы, остальные – влажными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что рыхление и объемное шелевание почвы положительно влияют на урожайность зерновых культур, но прибавка зависит в большей степени от гидротермических условий года, чем от времени применения мелиоративных приемов. У овса урожайность на расчетном дренаже (18 м) в первый год действия МР увеличилась на 0,09 т/га, разреженном (28 м) – 0,23, на четвертый – 0,52 и 1,01, пятый – 0,71 и 0,35 т/га соответственно (табл. 2). С шелеванием прибавка урожайности у овса в первый год его действия на обоих вариантах дренажа составила 0,54, в 2018 году – 0,90 и 1,42, в 2019 прибавка отсутствовала. В среднем за три года урожайность овса с МР повысилась на 0,44 т/га (расчетный дренаж) и 0,53 т/га (разреженный), с шелеванием – 0,51 и 0,65 т/га, в процентном отношении к контролю – 13,5...16,6%. Более высокая прибавка урожайности при шелевании почвы, по сравнению с МР, была получена во влажные годы с ГТК в мае-июне – 1,52 и 1,73, мае-августе – 1,56 и 1,24.

В 2019 году с засушливой первой половиной вегетационного периода (ГТК в мае-июне – 0,76, пятый год действия приемов обработки), урожайность овса увеличилась только с МР (0,35...0,71 т/га), без АП, в среднем за три года, на разреженном дренаже – 3,91, или на 0,79 т/га больше, чем на расчетном. Данное преимущество сформировалось из-за благоприятного по гидротермическим условиям 2018 года (ГТК в мае-июне – 1,52). Урожайность овса в 2018 и 2019 году на разреженном дренаже была на 1,25 и 1,01 т/га больше, чем на расчетном. С применением АП преимущество разреженного дренажа сохранилось – прибавка на их фоне от дренажа составила в среднем за три года 0,88 и 0,93 т/га. Суммарная прибавка урожайности с разреженным дренажем и МР к контролю составила 1,32 т/га, шелеванием – 1,44 т/га.

Таблица 2.

Влияние агромелиоративных приемов на урожайность зерновых культур, т/га

Вариант	Год, культура						Среднее за пять лет	Прибавки урожая, %	
	2015 О*	2016 ОР*	2017		2018 О	2019 О			
			ЯП*	ОТ*					
Междреннее расстояние – 18м									
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 1)	2,77	4,12	4,20	3,43	2,75	3,83	3,52	100,0	
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	2,86	5,54	4,43	4,10	3,27	4,54	4,12	117,0	
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	3,31	5,56	5,04	3,80	3,65	3,94	4,42	125,6	
Среднее по дренажу	2,98	5,07	4,42	3,78	3,22	4,10	4,00	х	
Прибавка урожая, ±	МР	+0,09	+1,32	+0,23	+0,67	+0,52	+0,71	+0,60	х
	Щ	+0,54	+1,34	+0,84	+0,37	+0,90	+0,11	+0,90	х
Междреннее расстояние – 28м									
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 2)	2,89	4,14	2,37	4,73	3,76	5,08	3,82	100,0	
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	3,12	5,23	3,63	5,49	4,77	5,43	4,61	120,7	
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	3,43	5,64	3,88	5,86	5,18	5,06	4,84	126,7	
Среднее по дренажу	3,15	5,00	3,29	5,36	4,56	5,19	4,41	х	
Прибавка урожая, ±	От МР	+0,23	+1,09	+1,26	+0,76	+1,01	+0,35	+0,79	х
	От Щ	+0,54	+1,50	+1,51	+1,16	+1,42	-0,02	+1,02	х
Прибавка от дренажа (по контрольным вариантам)	+0,12	+0,02	-1,83	+1,30	+1,01	+1,25	+0,30	х	
НСР ₀₅	0,09	0,11	0,42	0,51	0,12	0,45	0,28		

Примечание. Щ – шелевание; Д – дискование; МР – мелиоративное рыхление, *О – овес, ОР – озимая рожь, ЯП – яровая пшеница, ОТ – озимая тритикале.

Аналогичное влияние АП оказали на урожайность яровой пшеницы, которую возделывали на третий год их действия (2017), с избыточно влажной первой половиной вегетационного периода (ГТК в мае–июне – 3,44, мае–августе – 2,26). На расчетном дренаже (18 м) при МР прибавка составила 0,23 т/га, шелевания – 0,84, на разреженном – 1,26 и 1,51 т/га соответственно (табл. 2). В условиях избыточного увлажнения урожайность яровой пшеницы при разреженном дренаже (без АП) была существенно ниже, чем на расчетном – на 1,83 т/га (43,6%). С применением АП различия между вариантами дренажа немного уменьшились. На фоне МР снижение урожайности с разреженным дренажем – 0,80 т/га, шелеванием – 1,14 т/га. При рассмотрении совместного действия разреженного дренажа и АП, суммарное снижение урожайности яровой пшеницы, по сравнению с контролем, составило при МР – 0,57, шелевании – 0,32 т/га. АП существенно повышали эффективность разреженного дренажа.

На озимых культурах исследования проводили в 2016 году (рожь) и 2017 (тритикале). Значительное влияние на урожайность АП оказали в варианте с разреженным дренажем. На расчетном дренаже прибавка урожайности от МР составила 0,67 т/га, шелевания – 0,37, на разреженном – 0,76 и 1,16 т/га соответственно (табл. 2). В отличие от яровой пшеницы более высокая урожайность озимой тритикале получена в варианте с разреженным дренажем. Без АП урожайность на разреженном дренаже была выше на 1,30 т/га (37,9%), на фоне МР – 1,39, шелевания – 2,06 т/га. При замене расчетного дренажа на разреженный в комплексе с АП, суммарное повышение урожайности озимой тритикале, по сравнению с контролем, при МР – 2,06, шелевании – 2,43 т/га. При выра-

шивании озимой тритикале АП создавали благоприятные условия для эффективного применения разреженного дренажа. Озимую рожь возделывали на второй год (2016) их действия, который характеризовался благоприятными для ржи погодными условиями (ГТК в мае–июне – 1,08, мае–августе – 1,36) и варианты дренажа на урожайность влияния не оказали. Приемы обработки почвы были эффективными на обоих вариантах дренажа. На расчетном дренаже прибавка урожайности от МР составила 1,32 т/га, шелевания – 1,34, на разреженном – 1,09 и 1,50 т/га соответственно.

По обобщенным данным лучшие результаты на обоих системах дренажа были получены в варианте с объемным шелеванием почвы. Увеличение урожайности, в среднем по зерновым культурам (за пятилетний период), при МР на расчетном дренаже составило 0,60 т/га (17,0%), на разреженном – 0,79 (20,7%), при шелевании оно было выше – 0,90 и 1,02 т/га (25,6 и 26,7%). Лучшие результаты по всем культурам, за исключением яровой пшеницы, были получены с разреженным дренажем и с объемным шелеванием почвы – урожайность, по сравнению с контролем, была выше на 1,32 т/га (37,5%). На разреженном дренаже с МР урожайность, в среднем по зерновым культурам, по отношению к контролю, также была существенно выше – на 1,09 т/га (30,9%). Суммарный за пять лет дополнительный сбор зерна при мелиоративном рыхлении почвы на расчетном дренаже составил 3,0 т/га, на разреженном – 3,95, объемном шелевании почвы – 4,5 и 5,1 т/га соответственно.

Анализ влияния АП и интенсивности дренирования почвы на структурные элементы растений зерновых культур показал, что увеличение продуктивности посевов овса связано в основном с повышением продуктивности метелки. Урожайность

Таблица 3.

Структура урожая зерновых культур при разных приемах агромелиоративной обработки почвы

Вариант	Количество стеблей с колосом (метелка), шт./м ²			Число зерен в колосе (метелка), шт.			Масса 1000 зерен, г		
	Междреннее расстояние, м						18	28	среднее
	18	28	среднее	18	28	среднее			
Овес, среднее за 2015, 2018, 2019 годы									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	363	407	385	34,1	34,5	34,3	34,2	34,0	34,1
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	366	421	393	(35,7)	35,8	35,8	37,4	35,7	36,5
Д + Щ + Дискование в два следа на 10...12с м	388	419	403	37,8	35,7	36,8	36,4	37,5	37,0
Яровая пшеница, 2017									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	444	273	358	31	32	31,5	34,0	33,9	34,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	508	332	420	34	35	34,5	33,8	37,6	35,7
Д + Щ + Д в два следа на 10...12см	540	349	445	38	36	37,0	34,4	36,8	35,6
Озимая рожь, 2016									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	300	320	310	51	55	53,0	30,7	31,7	31,2
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	353	420	386	54	56	55,0	32,3	32,5	32,4
Д + Щ + Д в два следа на 10...12см	378	388	383	53	56	54,5	32,9	32,5	32,7
Озимая тритикале, 2017									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	325	353	339	48	49	48,5	48,7	47,5	48,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	383	404	394	48	49	48,5	47,8	47,6	47,7
Д + Щ + Д в два следа на 10...12см	365	400	382	46	51	48,5	49,1	47,2	48,2

Примечание. Щ – шелевание, Д – дискование, МР – мелиоративное рыхление.

овса формировалась в среднем за три года: на расчетном дренаже при плотности продуктивного стеблестоя – 363...388 шт./м², озерненности метелки – 34,1...37,8 шт., массе 1000 зерен – 34,2...37,4 г, массе зерна в метелке – 1,16...1,37 г; на разреженном – 407...421 шт./м², 34,5...35,8 шт., 34,0...37,5 г соответственно (табл. 3). Масса зерна в метелке с АП по сравнению с контролем увеличилась на 12,8...16,2%, в том числе из-за увеличения озерненности – на 4,4...7,2%, массы 1000 зерен – 7,3...8,5%. Долевое участие количества продуктивных стеблей в повышении урожайности под влиянием АП при МР – 16,2, с шелеванием – 26,0%, массы зерна в метелке – 83,8 и 73,1%. Более высокая урожайность

овса на разреженном дренаже получена из-за большего количества стеблей с метелкой.

У яровой пшеницы в варианте с разреженным дренажем произошло снижение продуктивности, так как уменьшилась плотность продуктивного стеблестоя – на 34,7...38,5% по сравнению с расчетным. Приемы АП оказали влияние как на продуктивный стеблестой яровой пшеницы, так и массу зерна в колосе. Количество стеблей с колосом под влиянием МР увеличилось на расчетном дренаже на 64 шт./м², разреженном – 59, шелевания – 96 и 76 шт./м². Масса зерна в колосе увеличилась на 0,10...0,23 и 0,26...0,24 г соответственно. Долевое участие стеблей с колосом в приросте уро-

Таблица 4.

Урожайность рапса ярового в зависимости от приемов обработки почвы, т/га зеленой массы, предшественник овес

Прием обработки (фактор В)	Год			Среднее за три года	Прибавка урожайности	
	2015 – *первый	2016 – второй	2018 – четвертый		±	%
Междреннее расстояние – 18 м (фактор А)						
Д + Вспашка на 2...22 см (контроль 1)	19,1	14,8	13,1	15,7	–	
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	19,0	14,3	17,7	17,0	+1,3	108,3
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	17,7	15,9	18,5	17,4	+1,7	110,8
Прибавка урожая, ±	От МР	–0,1	+1,1	+4,6		
	От Щ	–1,4	–0,5	+5,4		
Междреннее расстояние – 28 м (фактор А)						
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 2)	17,6	20,6	18,6	18,9	–	100,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	20,8	15,0	19,9	18,6	–0,3	98,4
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	22,4	23,8	21,3	22,5	+3,6	119,0
Прибавка урожая, ±	От МР	+3,2	–5,6	+1,3		
	От Щ	+4,8	+3,2	+2,7		

Примечание. *Год действия АП, НСР₀₅ по фактору А – 0,478 (2015 г.), 0, 500 (2016 г.), 0,494 (2018 г.); по фактору В – 0,586, 0, 612, 0,606 соответственно.

жая по вариантам обработки почвы составило 58,1 и 55,4%, массы зерна в колосе – 41,9 и 44,6%.

Увеличение урожайности озимых культур под влиянием АП произошло из-за большего количества продуктивных стеблей на 1 м² – на 73...77 шт. у озимой ржи и 34...65 шт. – озимой тритикале. Долевое участие продуктивного стеблестоя в прибавках урожая по культурам составило соответственно 77,0...77,4% и 73,3...88,1%. Рапс яровой выращивали в первый, второй и четвертый годы действия приемов обработки почвы. Наиболее высокая и устойчивая урожайность зеленой массы (21,3...23,8 т/га) получена в варианте с разреженным дренажем и объемным щелеванием почвы, прибавка по годам – 2,7...4,8 т/га (табл. 4).

Самое большое увеличение урожайности было в первый год действия – 4,8 т/га зеленой массы (27,2%), на второй год щелевание увеличило урожайность на 3,2 т/га (15,5%), четвертый – 2,7 (14,5%). В среднем за три года урожайность рапса под влиянием щелевания на разреженном дренаже увеличилась на 3,6 т/га зеленой массы (19,0%). Эффективность МР на рапсе существенно ниже, чем щелевания, прибавка урожая получена только на расчетном дренаже (8,3%). Без АП урожайность рапса в среднем за три года более высокой была на разреженном дренаже – 18,9 т/га, на 3,2 т (20,4%) больше, чем на расчетном. С применением объемного щелевания почвы преимущество разреженного дренажа сохранилось. При совместном действии разреженного дренажа и объемного щелевания суммарное увеличение урожайности по сравнению с контролем – 6,8 т/га (43,3%). Эффективность щелевания по урожайности зеленой массы рапса на разреженном дренаже по сравнению с расчетным была выше почти в два раза.

Исследования на многолетних травах первого года пользования (г.п.) проводили в условиях избыточно влажного 2020 года, продуктивность их (шестой год действия АП) на разреженном дренаже была существенно ниже, чем на расчетном. Без АП она на расчетном дренаже составила 40,0 т/га зеленой массы, разреженном – 32,5, на 18,8% меньше (табл. 5).

На обоих вариантах дренажа небольшое положительное влияние АП на урожайность трав первого г.п. было только в варианте с щелеванием (5,0...7,1%). МР на расчетном дренаже привело к существенному снижению урожайности трав. Прослеживается прямая связь продуктивности трав первого г.п. с уровнем урожайности покровной культуры. Продуктивность клевера, преобладающего в структуре травостоя, формировалась под влиянием агроэкологических условий первого года его жизни под покровом овса, в данном случае в условиях засушливой первой половины вегетации 2019 года (ГТК за май–июнь – 0,76). В варианте с разреженным дренажем, с более высоким в 2019 году уровнем урожайности овса, чем на расчетном, эти условия для клевера были хуже с МР. На травах второго г.п. (седьмой год действия АП) с преобладанием в травостое злакового компонента, в условиях засушливого 2021 года, существенно влияния агроэкологических приемов обработки почвы и дренажа на их продуктивность не наблю-

Таблица 5.
Влияние дренажа и агроэкологических приемов на урожайность клеверотимофеечной смеси, т/га зеленой массы

Прием обработки (фактор В)	Клеверотимофеечная смесь			К контролю:	
	2020 г., первый г.п.	2021 г., второй г.п.	в среднем за два года	±	%
Междреннее расстояние – 18 м (фактор А)					
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 1)	40,0	46,7	43,3	–	100,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	31,0	45,1	38,1	–5,2	88,0
Д + Щ+Д в два следа на 10...12 см	42,0	43,5	42,7	–0,6	98,6
Среднее по дренажу	37,7	45,1	41,4		
Междреннее расстояние – 28 м (фактор А)					
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 2)	32,5	45,0	38,7	–	100,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	30,5	42,0	36,3	–2,4	93,8
Д + Щ+Д в два следа на 10...12 см	34,8	43,6	39,2	+0,5	101,3
Среднее по дренажу	32,6	43,6	38,1		

Примечание. НСР₀₅ т/га: для первого г.п. – по фактору А – 0,49, В – 0,60; для второго г.п. – по фактору А – 1,00, В – 1,21.

дали. В среднем за два года пользования травами различия в урожайности зеленой массы клеверотимофеечной смеси между вариантом с щелеванием почвы и контролем были незначительные.

Различия в продуктивности культур стали результатом неодинакового агрофизического состояния почвы на изучаемых вариантах. Наблюдения за режимом влажности почвы под зерновыми культурами показали, что за исключением 2019 года влажность почвы в наиболее ответственный для формирования урожая период вегетации (май–июнь) соответствовала оптимальным значениям. Влажность почвы в среднем за четыре года – 63,8...73,8% НВ. В засушливом 2019 году под овсом с подсевом трав она понижалась до 35,8...55,7%, на разреженном дренаже на контроле и варианте с МР была более высокой, чем на расчетном – в пахотном слое на 5,4 и 5,3%, подпахотном – 6,5...9,5%. Щелевание почвы нивелировало ее влажность по вариантам дренажа. В среднем за четыре года влажность в слое 0...20 см на контроле составила 68,6%, с щелеванием – 64,2, в слое 20...40 см – 79,3 и 76,5, с МР в пахотном слое была близкой к контролю. Лучшие условия по аэрации почвы (май–июнь) были с объемным щелеванием. В среднем за четыре года коэффициент аэрации (соотношение воды и воздуха в почве) в слое 0...20 см под зерновыми культурами составил 0,80...1,06, что соответствует оптимальным значениям этого критерия, 20...40 см – 0,72...0,88. При обработке с щелеванием коэффициент аэрации по сравнению с контролем и вариантом с МР в слое 0...20 см был больше на 17,8 и 23,2%, 20...40 см – 6,8 и 22,2%.

Влияние АП на агрофизическое состояние почвы проявилось на многолетних травах на шестой и седьмой годы после их проведения. Плотность сложения и общая пористость почвы также изменялись в зависимости от сроков использования травостоя и междреннего расстояния мелиоративных систем. На травах первого г.п. плотность почвы в пахотном слое составляла в среднем по

двум вариантам дренажа – 1,34...1,41, второго – 1,39...1,46 г/см³. Приемы обработки оказали практически равное влияние на плотность сложения почвы. В среднем за два года рыхление и щелевание снижали ее в пахотном слое на 0,06...0,07, на глубине 20...40 см – 0,02...0,03 г/см³. На разреженном дренаже плотность почвы в пахотном слое была выше, чем на расчетном на 0,03...0,04 г/см³. В подпахотном слое влияния дренажа на плотность сложения почвы не наблюдали, при этом на травах второго года пользования, по сравнению с первым, она увеличилась на 0,05...0,06 г/см³ и составила 1,50...1,53 г/см³.

Значительное влияние на влажность почвы под многолетними травами оказывали варианты дренажа. Приемы обработки способствовали некоторому ее повышению на расчетном дренаже и снижению на разреженном, прежде всего в варианте с мелиоративным рыхлением. При мелиоративном рыхлении в среднем за два года различие во влажности почвы (в% от НВ) между вариантами дренажа составило 5,4%, при щелевании – 9,7, на контроле – 13,1%. Изменения влажности почвы в подпахотном и пахотном слоях под травами в зависимости от дренажа и приемов обработки почвы были одинаковыми. Анализ соотношения в почве воды и воздуха по коэффициенту аэрации (Каэр) показал, что этот критерий зависит от мелиоративных систем, приемов обработки и метеоусловий вегетационного периода. В основные фазы вегетации трав он соответствовал недостаточному увлажнению почвы для трав и условиям излишней аэрации пахотного слоя. Вариант с разреженным дренажем характеризовался более низким соотношением воды и воздуха. В среднем по вариантам опыта за два года на расчетном дренаже по периодам вегетации на единицу объема воды в почве приходилось 1,36...1,83 единиц объема воздуха (1,57 в среднем по трем определениям), на разреженном – 0,91...1,13 (1,04). В вариантах с обработками в первой половине вегетации трав преимущество было за щелеванием, во второй – мелиоративным рыхлением. В среднем за вегетацию (по вариантам дренажа) Каэр на контроле составил 1,12, при щелевании и мелиоративном рыхлении – 1,37. Приемы обработки увеличивали параметры этого критерия на разреженном дренаже – на 0,35...0,49, расчетном – 0,15...0,27.

Выводы. Установлено, что на дерново-подзолистых легкосуглинистых глееватых почвах с атмосферным типом водного питания при проектировании мелиоративных систем для полевых севооборотов возможно применение дренажа с расширенными параметрами междренних расстояний, по сравнению с расчетными, что будет способствовать снижению затрат на его устройство. Мелиоративное полосное рыхление на глубину 50...60 см и объемное щелевание почвы (45...50 см) с формированием широких щелей (16 см) и заполнением их измельченной соломой и растительными остатками в смеси с гумусовым слоем – агро-мелиоративные приемы длительного действия. Их влияние на агрофизическое состояние почвы проявилось на шестой-седьмой годы их действия на многолетних травах. По обобщенным данным лучшие результаты

на обеих системах дренажа были получены в варианте с объемным щелеванием почвы. Увеличение урожайности в среднем по зерновым культурам (за пятилетний период) при МР на расчетном дренаже – 0,60 т/га (17,0%), разреженном – 0,79 (20,7%), при щелевании соответственно – 0,90 и 1,02 т/га (25,6 и 26,7%). Суммарное повышение урожайности от оптимизации параметров дренажа и объемного щелевания почвы в среднем по зерновым культурам – 1,32 т/га (37,5%), при МР – 1,09 т/га (30,9%). Дополнительный сбор зерна за пятилетний срок действия мелиоративного рыхления на расчетном дренаже составил 3,0, разреженном – 3,95 т/га, при объемном щелевании почвы – 4,5 и 5,1 т/га соответственно. Применение на дренированных землях мелиоративного рыхления и объемного щелевания почвы – существенный фактор повышения эффективности разреженного дренажа. Прибавка урожая зерновых культур формировалась с участием всех основных элементов продуктивности. На рапсе яровом лучшие результаты были получены также в варианте с разреженным дренажем и объемным щелеванием почвы. Урожайность зеленой массы в среднем за три года увеличилась на 3,6 т/га (19,0%), в первый год действия – 4,8 т/га (27,2%). На многолетних травах небольшое положительное влияние АП на урожайность трав первого г.п. на обеих мелиоративных системах отмечено только в варианте с объемным щелеванием почвы (5,0 и 7,1%).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.
2. Гулюк Г.Г. Эффективное развитие мелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 2-6.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Железова С.В., Мельников А.В., Беленков А.И. Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя на дерново-подзолистой почве при длительном применении традиционной и ресурсосберегающей обработки // Кормопроизводство. 2019. № 10. С. 14–19. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.41825.
5. Зайдельман Ф.Р. Глубокое мелиоративное рыхление почв: состояние проблемы, итоги исследований, перспективы применения и деградационные изменения // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1131–1146.
6. Кизяев Б.М., Мамаев З.М., Першина, О.Ф. Агро-мелиоративные мероприятия на минеральных переувлажненных землях. М.; ВНИИА, 2013. 140 с.
7. Кирюшин В.И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2022. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.
8. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. СПб.: Изд-во «Лань», 2021. 464 с.
9. Митрофанов Ю.И. Агрофизические основы повышения продуктивности осушаемых почв. Монография. Изд-во: LAP Lambert Academic Publishing, Германия, 2017. 196 с.
10. Митрофанов Ю.И. Адаптивный подход к агро-мелиоративным технологиям на осушаемых землях // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 4. С. 25–28.

11. Михайлин А.А. Глубокое рыхление мелиорируемых земель как способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4 (08). С. 20–31.
12. Bauer V.P., Podvoisky G.L., Kotova N.E. Adaptation Strategies of the U.S. Companies to the Digitalization of Production // The world of new economy. 2018. Vol. 12. No. 2. P. 78–89. DOI: 10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89.
13. Trifuntova I.B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. Article 012041. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/547/W12041/pdf> (дата обращения: 18.01.2023). DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012041.
14. Volatile-mediated suppression of plant pathogens is related to soil properties and microbial community composition / M. van Agtmaal, A.L. Straathof, A. Termorshuizen, et al. // Soil Biol. Biochem. 2018. Vol. 117. P. 164–174. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.11.015
11. eneniya i degradacionnye izmeneniya // Pochvovedenie. 2016. № 9. S. 1131–1146.
6. Kizyaev B.M., Mamaev Z.M., Pershina O.F. Agromeliorativnye meropriyatiya na mineral'nyh pereuvlazhnykh zemlyah. M.; VNIIA, 2013. 140 s.
7. Kiryushin V.I. Sistema nauchno-innovacionnogo obespecheniya tekhnologij adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Zemledelie. 2022. № 2. S. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.
8. Kiryushin V.I., Kiryushin S.V. Agrotekhnologii. SPb.: Izdvo "Lan", 2021. 464 s.
9. Mitrofanov Yu.I. Agrofizicheskie osnovy povysheniya produktivnosti osushaemykh pochv. Monografiya. Izd-vo: LAP Lambert Academic Publishing, Germaniya, 2017. 196 s.
10. Mitrofanov Yu.I. Adaptivnyj podhod k agromeliorativnym tekhnologiyam na osushaemykh zemlyah // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2013. № 4. S. 25–28.
11. Mihajlin A.A. Glubokoe ryhlenie melioriruemykh zemel' kak sposob povysheniya produktivnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2012. № 4 (08). S. 20–31.
12. Bauer V.P., Podvoisky G.L., Kotova N.E. Adaptation Strategies of the U.S. Companies to the Digitalization of Production // The world of new economy. 2018. Vol. 12. No. 2. P. 78–89. DOI: 10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89.
13. Trifuntova I.B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. Article 012041. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/547/W12041/pdf> (data obrashcheniya: 18.01.2023). DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012041.
14. Volatile-mediated suppression of plant pathogens is related to soil properties and microbial community composition / M. van Agtmaal, A.L. Straathof, A. Termorshuizen, et al. // Soil Biol. Biochem. 2018. Vol. 117. P. 164–174. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.11.015.

REFERENCES

1. Bajbekov R.F. Prirodopodobnye tekhnologii osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya // Zemledelie. 2018. № 2. S. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.
2. Gulyuk G.G. Effektivnoe razvitie meliorativnogo kompleksa // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2022. № 2. S. 2–6.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1979. 416 s.
4. Zhelezova S.V., Mel'nikov A.V., Belenkov A.I. Urozhajnost' ozimoy pshenicy i yarovogo yachmenya na dernovo-podzolistoj pochve pri dlitel'nom primenenii tradicionnoj i resursosberegayushchej obrabotki // Kornoproizvodstvo. 2019. № 10. S. 14–19. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.41825.
5. Zajdel'man F.R. Glubokoe meliorativnoe ryhlenie pochv: sostoyanie problemy, itogi issledovaniy, perspektivy prim-

Поступила в редакцию 06.03.2023

Принята к публикации 20.03.2023

ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТОВ НА ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ

Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-3999-9179
Александр Константинович Свечников, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-0070-5348

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,
п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – изучение и оценка плотности почвы как одного из важнейших агрофизических ее свойств. В 1996–2021 годах проводили двухфакторный опыт с двумя закладками: фактор А – севообороты (один зерно-травяной и три плодосменные), фактор В – уровень внесения минеральных удобрений. Установлено, что плотность сложения почвы под многолетними бобовыми травами в слое 0–20 см составляет 1,28–1,34 г/см³, озимыми культурами – 1,28–1,29, яровыми – 1,24–1,26, картофелем – 1,12–1,15 г/см³. К концу вегетации плотность почвы снижается. Длительное применение минеральных удобрений способствует развитию корневой системы растений и разуплотнению почвы. В среднем за ротацию севооборотов наименьшая плотность была под культурами второго плодосменного севооборота, где использовали навоз под картофель. В начале вегетации она составила 1,23–1,24 г/см³. Возделывание картофеля без органических удобрений в I и III плодосменных севооборотах повысило плотность почвы на 0,01 г/см³. Применение многолетних трав без возделывания картофеля еще больше увеличило плотность почвы в начале и середине вегетации до 1,26–1,27 г/см³, к концу разница между плотностью почвы зерно-травяного и плодосменных севооборотов составила 0,03–0,04 г/см³.

Ключевые слова: Республика Марий Эл, полевые севообороты, многолетние бобовые травы, дерново-подзолистая почва, минеральные удобрения, плотность почвы

INFLUENCE OF CROP ROTATIONS ON SOIL DENSITY

S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences

A.K. Svechnikov, PhD in Agricultural Sciences

Mari Agricultural Research Institute – Mari Agricultural Research Institute –
Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky,
Ruem, Mari El Republic, Russia
E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. The survey objective is to study and evaluate soil density as one of its most important agrophysical properties. A two-factor experiment was conducted with two establishment of trial in 1996–2021 yrs.: factor A – crop rotations (one grain-grass and three fruit-changing), factor B – the level of mineral fertilizers. For the first time in the Mari El Republic, it was studied and found that the soil bulk density under perennial legumes in a layer of 0–20 cm was 1.34–1.28 g/cm³, under winter crops 1.29–1.28 g/cm³, spring crops 1.26–1.24 g/cm³, potatoes 1.15–1.12 g/cm³. Soil density decreased by the end of the growing season. Long-term fertilizations promotes the root development and leads to soil decompaction. The lowest average density per rotation was under the crops of the second crop rotation, where manure was used for potatoes. It was 1.24–1.23 g/cm³ at the beginning of the growing season. Potato cultivation increased soil density by 0.01 g/cm³ without organic fertilizations in crop rotations I and III. Perennial grasses without growing potatoes further increased the soil density at the vegetation beginning to 1.27–1.26 g/cm³. This trend persisted under crop rotations by the middle of the growing season. The difference between the soil density of grain-grass and fruit-changing crop rotations was 0.03–0.04 g/cm³ by the vegetation end.

Keywords: Mari El Republic, field crop rotations, perennial legumes, sod-podzolic soil, fertilizers, soil density

Рациональная структура посевов, ориентированная на почвенно-климатические особенности зоны, позволяет полноценно использовать пашню, произвести большее количество растениеводческой продукции и обеспечить охрану окружающей среды. [17]

Среди факторов, определяющих величину урожая, значительная роль принадлежит показателю физического состояния почвы – плотности, которая обуславливает интенсивность микробиологической активности почвы и трансформации питательных веществ. [9] Объемная масса почвы в земледелии среди известных агрофизических характеристик имеет наиболее тесную связь с урожайностью сельскохозяйственных культур. [6, 28] Основная причина снижения урожая при уплотне-

нии почвы – ухудшение условий для формирования мощной корневой системы растений и активной ее деятельности. [1, 23] При оптимальной (1,0 ... 1,3 г/см³) плотности почвы создается благоприятный водный, тепловой, воздушный и питательный режимы в ее плодородном слое. Под влиянием интенсивной нагрузки сельскохозяйственной техники агрофизический показатель может повышаться до 1,4...1,6 г/см³ и более, в то же время переуплотняется не только пахотный, но и подпахотный слой. [6] Чем плотнее почва, тем труднее проникает корневая система в нижние слои, это отрицательно сказывается на продуктивности растений. Установлено, что повышение плотности почвы увеличивает пораженность зерновых культур корневой гнилью. [10]

Согласно результатам исследований плотность почвы зависит от ее обработки. [2, 3, 11, 12, 15, 18, 27] Наименьшую величину объемной массы почвы в слоях 0...10 и 10...20 см обеспечивает весенняя традиционная вспашка плугом ПН-3-35 на глубину 20...22 см (1,20 и 1,34 г/см³ соответственно). Безотвальная «глубокая» обработка достоверно увеличивает (НСР₀₅ = 0,01 г/см³) данный показатель в изучаемых слоях почвы на 0,02 г/см³, а стерневой культиватор во втором слое – на 0,23 г/см³. Безотвальная «мелкая» и минимальная обработки к осеннему периоду приводили к наименьшей плотности сложения слоя 0...10 см (1,36 и 1,38 г/см³ соответственно), вспашки достоверно увеличивали данный показатель на 0,03...0,06 г/см³ (НСР₀₅ = 0,02 г/см³). Более низкие показатели плотности почвы при мелких обработках обусловлены сосредоточением максимального количества полуразложившегося органического вещества в верхнем слое. При этом плотность почвы в слое 10...20 см была выше в вариантах с поверхностными обработками. [4] Зарубежные ученые отмечают, что уплотнение почвы в результате движения тяжелой техники привело к значительному снижению урожайности сельскохозяйственных культур, которое достигало 50% в зависимости от величины и степени уплотнения. [20, 24, 25, 27, 30]

По данным В.В. Гангура в разноротационных севооборотах левобережной лесостепи Украины на типичных малогумусных тяжелосуглинистых черноземах уменьшение плотности почвы наблюдается в полях после вико-овсяной смеси, гороха и сои. [6] Пропашные культуры (сахарная свекла, кукуруза) увеличивают плотность почвы. В основном это обусловлено механическим воздействием сельскохозяйственной техники.

Полевые севообороты также влияют на плотность почвы. [8, 14] М.М. Сабитов установил, что плотность в зернотравяном севообороте снижается на 0,14 г/см³ по отношению к зернопаровому, наименьшая – в зернотравяном при возделывании люпина по предшественнику однолетние травы – 0,90 г/см³. [14] На серой лесной почве Владимирского Ополья оптимальная плотность для возделывания озимой ржи (1,24...1,39 г/см³) формировалась после уборки многолетних трав второго года пользования (г.п.). В посевах яровой пшеницы и ячменя только проведение основной обработки на глубину 20...22 см полностью устраняло переуплотнение почвы. [8]

На дерново-подзолистой почве в Республике Марий Эл в конце второй ротации севооборота плотность сложения пахотного слоя варьировала в зависимости от изучаемых факторов. Наилучшие для выращивания сельскохозяйственных культур показатели плотности отмечали при использовании в севообороте сидерального пара, с чистым паром плотность была выше на 0,02 г/см³, занятым – 0,08...0,09 г/см³. [13]

По некоторым исследованиям почва достигает наибольшей плотности под клевером первого, второго г.п. (1,36 и 1,40 г/см³ соответственно) и озимой пшеницей (1,37 г/см³). [19]

Уплотнение почвы до 1,60 г/см³ от ее переувлажнения оказывает негативное воздействие на рост корней и побегов пшеницы. [31] На уплотненных

почвах обычная обработка приводит к уменьшению корневой системы кукурузы, что значительно увеличивает ее полегание. [22]

Многие исследователи отмечают положительный эффект плотности почвы на развитие корневой системы некоторых культур, при 1,50 г/см³ наступает более тесный контакт между корнями и почвой. На менее уплотненной почве (1,10 г/см³) увеличивается количество и диаметр корней. [21, 22, 26, 29]

Экспериментально установлена корреляционная зависимость между плотностью почвы и нитратным азотом ($r = -0,689 \pm 0,194$), подвижным фосфором ($r = -0,709 \pm 0,188$), обменным калием ($r = 0,762 \pm 0,173$). [16] Уплотнение почвы значительно снижает поглощение питательных веществ пшеницей: на 12...35% азота, 17...27 фосфора и до 24% калия. [24]

Цель работы – изучить влияние культур севооборотов и минеральных удобрений на плотность почвы в Республике Марий Эл.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Многолетний двухфакторный опыт проведен на поле Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 1996–2021 годах (табл. 1).

Из озимых культур пшеницу возделывали в 1997 году и с 2000 по 2008 год, рожь – в 1999 и с 2009 по 2021. В 1996 году во II плодосменном севообороте взамен вики с овсом на зерно высевали горохо-ячменную смесь. После засухи 2010 года, когда не взшел клевер, в 2011 высевали однолетние травы – вику с овсом.

Все агротехнические мероприятия проводили в соответствии с зональными рекомендациями. Согласно схеме опыта, минеральные удобрения вносили перед посевом культур поделаячно в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия. Под бобовые культуры азотные удобрения не применяли. Повторность – трехкратная. Общая площадь делянок первого порядка 330 м², второго – 165 м².

При проведении исследований руководствовались Методикой полевого опыта. [7] Плотность почвы определяли по методу М.А. Качинского. [5] Основные результаты исследований статистически обрабатывали на персональном компьютере.

Таблица 1.

Схема опыта	
Фактор А (севооборот)	Фактор В (минеральные удобрения)
1. Зернотравяной (овес + клевер, клевер первого г.п., озимые, вика/овес на зерно, яровая пшеница, ячмень) – контроль	Без удобрений $N_{60} P_{60} K_{60}$
2. I плодосменный (вика/овес на зеленую массу, озимые, ячмень, картофель, вика/овес на зерно, яровая пшеница)	Без удобрений $N_{60} P_{60} K_{60}$
3. II плодосменный (вика/овес на зерно, яровая пшеница, картофель (навоз 80 т/га), ячмень + клевер, клевер первого г.п., озимые)	Без удобрений $N_{60} P_{60} K_{60}$
4. III плодосменный (ячмень + клевер, клевер первого г.п., клевер второго г.п., озимые, картофель, овес)	Без удобрений $N_{60} P_{60} K_{60}$

Погодные условия были удовлетворительными для роста и развития полевых культур в севооборотах. Неблагополучные по количеству выпавших осадков и температурному режиму – 1998, 2003, 2009, 2010, 2014, 2018 и 2021 годы, гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период – 0,97, 0,56, 0,77, 0,37, 0,84, 0,87 и 0,84 соответственно. Относительно влажными были 2000, 2003, 2006, 2008, 2017 и 2020 годы, ГТК – 1,73, 1,64, 1,48, 1,71, 1,85 и 1,86 соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно нашим наблюдениям наибольшая плотность почвы в слое 0...20 см под культурами севооборотов на протяжении 25 лет (1996–2021) была под многолетними травами (табл. 2).

В начале вегетации под клевером второго г.п. почва была более плотной (1,33...1,34 г/см³), чем под клевером первого г.п. (1,28...1,29 г/см³). Высокая плотность почвы была под озимыми культурами (1,28...1,29 г/см³), яровыми (овес, ячмень, яровая пшеница, вика-овсяная смесь, выращиваемая как на зерно, так и зеленый корм) в начале вегетации – 1,24...1,26 г/см³, наименьшая в начале вегетации – под картофелем (1,15 г/см³). Внесение навоза под картофель снижало плотность почвы до 1,13...1,12 г/см³ (на 0,2 г/см³). Под яровыми культурами к концу вегетации объемная масса почвы снизилась на 0,3...0,4 г/см³.

В начале вегетации растений применение минеральных удобрений не отражалось на показателе плотности почвы по сравнению с естественным

фоном питания, к концу в варианте без удобрений плотность увеличивалась.

За время исследований прошло четыре ротации севооборотов в двух закладках (табл. 3). Применение минеральных удобрений в начале вегетации первой ротации не повлияло на плотность почвы, разница – 0,001 ± 0,013 г/см³.

Во второй, третьей и четвертой ротациях разница плотности почвы в начале вегетации на разных фонах удобрений составила 0,006...0,008 г/см³, к середине вегетации в первой ротации – 0,002 г/см³, второй – 0,007, третьей – 0,007, четвертой – 0,010 г/см³. К концу вегетации с применением минеральных удобрений в первой ротации она стала 0,003 г/см³, второй, третьей и четвертой – 0,01 г/см³. Это свидетельствует о том, что длительное применение минеральных удобрений увеличивает показатели плодородия почвы, поэтому развитие корневой системы идет более интенсивно и почва разуплотняется.

В среднем за ротацию севооборотов наименьшая плотность была под культурами II плодосменного севооборота, где применяли навоз под картофель (см. рисунок). В начале вегетации она составила 1,23...1,24 г/см³. Возделывание картофеля без органических удобрений в I и III плодосменном севооборотах повысило плотность почвы на 0,01 г/см³. Многолетние травы увеличили объемную массу почвы в начале вегетации до 1,26...1,27 г/см³, к концу разница между плотностью почвы в зернотравяном и плодосменных севооборотах составила 0,03...0,04 г/см³.

Выводы. Таким образом, в среднем по севооборотам плотность почвы была на оптимальном уровне и не превышала в начале вегетации 1,27 г/см³. При-

Таблица 2.

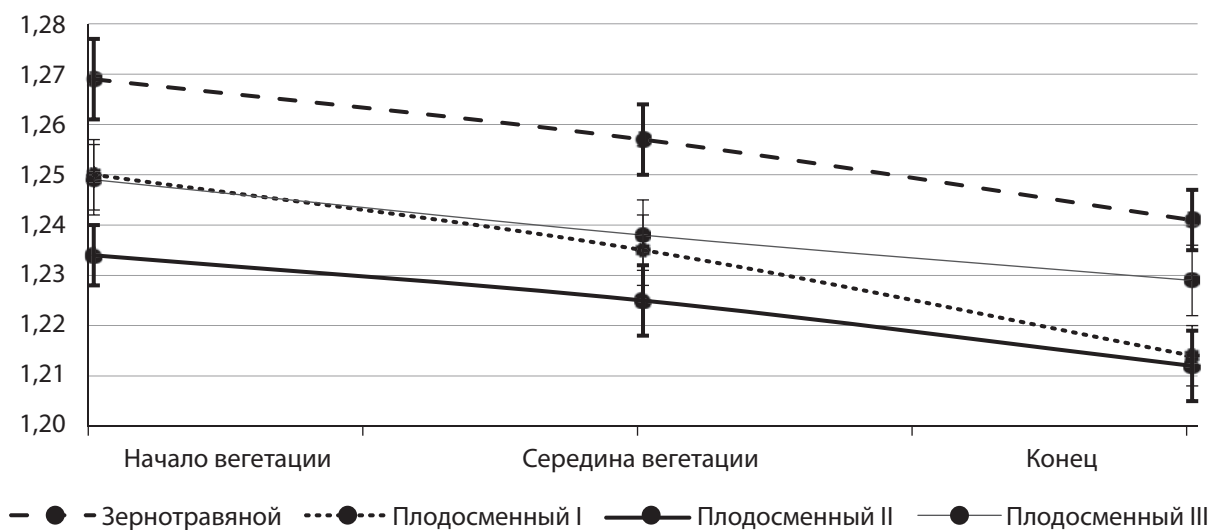
Плотность почвы под культурами севооборотов в слое 0...20 см, г/см³

Культура	Начало вегетации		Середина вегетации		Конец вегетации	
	без удобрений	NPK	без удобрений	NPK	без удобрений	NPK
Овес	1,254±0,013	1,249±0,013	1,243±0,013	1,234±0,014	1,225±0,013	1,216±0,013
Ячмень	1,254±0,011	1,247±0,01	1,245±0,011	1,236±0,011	1,224±0,009	1,213±0,008
Яровая пшеница	1,253±0,016	1,249±0,015	1,246±0,012	1,239±0,011	1,218±0,009	1,212±0,008
Вика/овес	1,256±0,011	1,249±0,011	1,239±0,01	1,231±0,010	1,215±0,007	1,208±0,008
Горох/ячмень	1,267±0,015	1,264±0,081	1,260±0,017	1,252±0,022	1,239±0,017	1,222±0,019
Озимая пшеница	1,288±0,015	1,285±0,014	1,267±0,016	1,265±0,015	1,266±0,012	1,259±0,012
Озимая рожь	1,288±0,009	1,283±0,009	1,282±0,01	1,274±0,011	1,284±0,010	1,274±0,01
Картофель	1,152±0,009	1,151±0,009	1,140±0,008	1,13±0,0070	1,126±0,008	1,118±0,009
Картофель (навоз)	1,120±0,014	1,114±0,014	1,116±0,012	1,109±0,013	1,098±0,006	1,091±0,007
Клевер первого г.п.	1,289±0,012	1,284±0,011	1,281±0,011	1,279±0,010	1,281±0,010	1,277±0,010
Клевер второго г.п.	1,337±0,015	1,326±0,016	1,323±0,013	1,321±0,013	1,317±0,013	1,313±0,011
Вика/овес (з.м.)	1,258±0,020	1,246±0,02	1,236±0,024	1,228±0,023	1,221±0,019	1,211±0,019

Таблица 3.

Плотность почвы в зависимости от ротации севооборотов в слое 0...20 см, г/см³

Ротация	Начало вегетации		Середина вегетации		Конец вегетации	
	без удобрений	NPK	без удобрений	NPK	Без удобрений	NPK
Первая	1,241±0,009	1,240±0,009	1,230±0,009	1,228±0,009	1,220±0,008	1,217±0,008
Вторая	1,264±0,011	1,256±0,011	1,251±0,011	1,244±0,011	1,226±0,009	1,216±0,009
Третья	1,247±0,010	1,240±0,010	1,237±0,010	1,229±0,010	1,224±0,010	1,214±0,010
Четвертая	1,261±0,010	1,254±0,010	1,252±0,010	1,242±0,010	1,233±0,010	1,223±0,011



Плотность почвы под культурами севооборотов в слое 0...20 см, г/см³

менение минеральных удобрений способствовало лучшему развитию корневой системы растений. После отмирания и разложения корней формировались микропоры, что обеспечивало снижение плотности почвы. Действие удобрений в первой ротации севооборотов слабее сказалось на разнице в плотности почвы, во второй, третьей и четвертой оно было более выраженным. Наибольшая плотность почвы отмечена под многолетними бобовыми травами и озимыми культурами. Частые механические обработки под картофелем ее уменьшали (в конце вегетации – 1,12...1,13 г/см³). Внесение органических удобрений под картофель снизили плотность почвы до 1,09 г/см³. К концу вегетации происходит разуплотнение почвы, но под многолетними травами и озимыми культурами этот процесс идет менее интенсивно, чем под яровыми.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балабанов С.С. и др. Биологизация земледелия и плотность почвы в зернопаропашном севообороте // Вестник Курской ГСХА. 2013. № 1. С. 68–70.
2. Беленков А.И., Пискунова А.С. Урожайность полевых культур и плодородие дерново-подзолистой почвы в зависимости от обработки в опыте ЦТЗ // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2019. С. 48–52.
3. Благополучная О.А., Девтерова Н.И. Нетрадиционные энергосберегающие способы обработки почв тяжелого механического состава в звене севооборота // Новые технологии. 2020. № 1. С. 124–131. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10113.
4. Богомолова Ю.А., Саков А.П., Ивенин А.В. Влияние обработки почвы и удобрений на изменения ее агрофизических свойств и урожайность сои в звене зернового севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 64. № 3. С. 62–69. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.64.3.62-69.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 415 с.
6. Гангур В.В. Влияние сельскохозяйственных культур, их соотношения в разноротационных севооборотах левобережной лесостепи Украины на плотность почвы и урожайность // Вестник Прикаспия. 2018. № 1 (20). С. 36–43.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Зинченко С.И. Изменение плотности сложения в агроэкосистемах серой лесной почвы // Владимирский земледелец. 2020. № 4 (94). С. 4–7. DOI: 10.24411/2225-2584-2020-10137.
9. Калинин О.С., Кравченко Р.В. Влияние систем основной обработки почвы и предшественников на плотность почвы в посевах сахарной свеклы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2021. № 173. С. 61–75. DOI: 10.21515/1990-4665-173-006.
10. Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Попов Ф.А. Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 6. Р. 721–732. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732.
11. Конищев А.А., Гарифуллин И.И., Конищева Е.Н. О методике использования характеристики «Оптимальная плотность» в исследованиях по обработке почвы // Владимирский земледелец. 2019. № 1 (87). С. 16–20. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10047.
12. Кузыченко Ю.А., Кобозев А.К. Физическое состояние пахотного слоя почвы при различных способах основной обработки в звене севооборота // Сельскохозяйственный журнал. 2018. Т. 1. № 11. С. 27–31.
13. Новоселов С.И., Кузьминых А.Н., Еремеев Р.В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06.
14. Сабитов М.М. Севооборот – основа стабилизации плодородия почв и продуктивности культур // Известия Самарского научного центра РАН. 2019. Т. 21. № 6 (92). С. 89–94. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-12.
15. Самаркин А.А. и др. Плотность сложения пахотного слоя почвы в зависимости от приемов обработки почвы, схемы и способов посадки картофеля // Вестник Казанского ГАУ. 2017. Т. 12. № 1 (43). С. 36–39. DOI: 10.12737/article_59368709c7e266.13191535.

16. Чевердин Ю.И. Взаимосвязь плотности сложения с эффективным плодородием почв // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. Прикаспийский НИИ аридного земледелия, 2018. С. 185–186.
17. Черкасов Г.Н., Акименко А.С. Совершенствование севооборотов и структуры посевных площадей для хозяйства различной специализации Центрального Черноземья // Земледелие. 2016. № 5. С. 8–11.
18. Щигрова Л.И., Николаев В.А. Оценка структурного состояния дерново-подзолистой почвы по ее плотности // Доклады ТСХА. М.: Российский ГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. С. 187–190.
19. Эседуллаев С.Т., Мельцаев И.Г. Биологизированные севообороты – основной фактор повышения плодородия дерново-подзолистых почв и продуктивности пашни в Верхневолжье // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11 (190). С. 18–26. DOI: 10.32417/article_5dcd861e3d2300.42959538.
20. Abu-Hamdeh N.H. Compaction and subsoiling effects on corn growth and soil bulk density // Soil & Water Management & Conservation. 2003. Vol. 67. № 4. P. 1213–1219. DOI: 10.2136/sssaj2003.1213.
21. Atkinson B.S., Sparkes D.L., Mooney S.J. Effect of seedbed cultivation and soil macrostructure on the establishment of winter wheat (*Triticum aestivum*) // Soil and tillage research. 2009. Vol. 103. № 2. P. 291–301. DOI: 10.1016/j.still.2008.10.027.
22. Bian D. et al. Effects of tillage practices on root characteristics and root lodging resistance of maize // Field Crops Research. 2016. Vol. 185. P. 89–96. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.10.008.
23. Busari M.A. et al. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment // International soil and water conservation research. 2015. Vol. 3. № 2. С. 119–129. DOI: 10.1016/j.iswcr.2015.05.002.
24. Ishaq M. et al. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum // Soil and tillage research. 2001. Vol. 60. № 3. P. 153–161. DOI: 10.1016/S0167-1987(01)00177-5.
25. Raghavan G.S.V. et al. Vehicular traffic effects on development and yield of corn (maize) // Journal of Terramechanics. 1979. Vol. 16. № 2. P. 69–76. DOI: 10.1016/0022-4898(79)90002-8.
26. Scott D.I. et al. The effects of wheel-induced soil compaction on anchorage strength and resistance to root lodging of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) // Soil and Tillage Research. 2005. Vol. 82. № 2. P. 147–160. DOI: 10.1016/j.still.2004.06.008.
27. Shaheeb M.R., Venkatesh R., Shearer S.A. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production // J. Biosyst. Eng. 2021. Vol. 46. № 4. P. 417–439. DOI: 10.1007/s42853-021-00117-7.
28. Thomas G.W., Haszler G.R., Blevins R.L. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soils using the proctor test // Soil Science. 1996. Vol. 161. № 8. С. 502–508.
29. Tracy S.R. et al. Quantifying the impact of soil compaction on root system architecture in tomato (*Solanum lycopersicum*) by X-ray micro-computed tomography // Annals of Botany. 2012. Vol. 110. № 2. P. 511–519. DOI: 10.1093/aob/mcs031.
30. Voorhees W.B. Long-term effect of subsoil compaction on yield of maize // Advances in Geocology. 2000. № 32. P. 331–338.
31. Wu X. et al. Individual and combined effects of soil water-logging and compaction on physiological characteristics of wheat in southwestern China // Field Crops Research. 2018. Vol. 215. P. 163–172. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.10.016.

REFERENCES

- Balabanov S.S. i dr. Biologizaciya zemledeliya i plotnost' pochvy v zernoparopashnom sevooborote // Vestnik Kurskoj GSKHA. 2013. № 1. S. 68–70.
- Belenkov A.I., Piskunova A.S. Urozhajnost' polevyh kul'tur i plodorodie dernovo-podzolistoj pochvy v zavisimosti ot obrabotki v opyte CTZ // Agroekologicheskie problemy pochvovedeniya i zemledeliya. Kursk: FGBNU «Kurskij FANC», 2019. S. 48–52.
- Blagopoluchnaya O.A., Devterova N.I. Netradicionnye energosberegayushchie sposoby obrabotki pochv tyazhelogo mekhanicheskogo sostava v zvene sevooborota // Novye tekhnologii. 2020. № 1. S. 124–131. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10113.
- Bogomolova Yu.A., Sakov A.P., Ivenin A.V. Vliyanie obrabotki pochvy i udobrenij na izmeneniya ee agrofizicheskikh svojstv i urozhajnost' soi v zvene zernovogo sevooborota // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. T. 64. № 3. S. 62–69. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.64.3.62-69.
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv. 3-e izd., pererab. i dop. M.: Agropromizdat, 1986. 415 s.
- Gangur V.V. Vliyanie sel'skohozyajstvennyh kul'tur, ih sootnosheniya v raznorotacionnyh sevooborotah levoberezhnoj lesostepi Ukrainy na plotnost' pochvy i urozhajnost' // Vestnik Prikaspiya. 2018. № 1 (20). S. 36–43.
- Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
- Zinchenko S.I. Izmenenie plotnosti slozheniya v agroekosistemah seroj lesnoj pochvy // Vladimirkij zemledec. 2020. № 4 (94). S. 4–7. DOI: 10.24411/2225-2584-2020-10137.
- Kalinin O.S., Kravchenko R.V. Vliyanie sistem osnovnoj obrabotki pochvy i predshestvennikov na plotnost' pochvy v posevah saharnoj svekly // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo GAU. 2021. № 173. S. 61–75. DOI: 10.21515/1990-4665-173-006.
- Kozlova L.M., Noskova E.N., Popov F.A. Ocenka razvitiya boleznnej zernovyh kul'tur pri resursosberegayushchih sistemah obrabotki pochvy i primenenii biopreparatov v adaptivno-landshaftnom zemledelii // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. T. 21. № 6. P. 721–732. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732.
- Konishchev A.A., Garifullin I.I., Konishcheva E.N. O metodike ispol'zovaniya harakteristiki «Optimal'naya plotnost'» v issledovaniyah po obrabotke pochvy // Vladimirkij zemledec. 2019. № 1 (87). S. 16–20. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10047.
- Kuzychenko Yu.A., Kobozev A.K. Fizicheskoe sostoyanie pahotnogo sloya pochvy pri razlichnyh sposobah osnovnoj obrabotki v zvene sevooborota // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2018. T. 1. № 11. S. 27–31.
- Novoselov S.I., Kuz'minyh A.N., Ereemeev R.V. Plodorodie pochvy i produktivnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki i sevooborota // Plodorodie. 2019. № 6 (111). S. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06.
- Sabitov M.M. Sevooborot – osnova stabilizacii plodorodiya pochvy i produktivnosti kul'tur // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2019. T. 21. № 6 (92). S. 89–94. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-12.

15. Samarkin A.A. i dr. Plotnost' slozheniya pahotnogo sloya pochvy v zavisimosti ot priemov obrabotki pochvy, skhemy i sposobov posadki kartofelya // Vestnik Kazanskogo GAU. 2017. T. 12. № 1 (43). S. 36–39. DOI: 10.12737/article_59368709c7e266.13191535.
16. Cheverdin Yu.I. Vzaimosvyaz' plotnosti slozheniya s effektivnym plodorodiem pochv // Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa. Prikaspijskij NII aridnogo zemledeliya, 2018. S. 185–186.
17. Cherkasov G.N., Akimenko A.S. Sovershenstvovanie sevooborotov i struktury posevnyh ploshchadej dlya hozyastv razlichnoj specializacii Central'nogo Chernozem'ya // Zemledelie. 2016. № 5. S. 8–11.
18. Shchigrova L.I., Nikolaev V.A. Ocenka strukturnogo sostoyaniya dernovo-podzolistoj pochvy po ee plotnosti // Doklady TSKHA. M.: Rossijskij GAU – MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2021. S. 187–190.
19. Esedullaev S.T., Mel'caev I.G. Biologizirovannye sevooboroty – osnovnoj faktor povysheniya plodorodniya dernovo-podzolistyh pochv i produktivnosti pashni v Verhnevolzh'e // Agrarnyj vestnik Urala. 2019. № 11 (190). S. 18–26. DOI: 10.32417/article_5dcd861e3d2300.42959538.
20. Abu-Hamdeh N.H. Compaction and subsoiling effects on corn growth and soil bulk density // Soil & Water Management & Conservation. 2003. Vol. 67. № 4. P. 1213–1219. DOI: 10.2136/sssaj2003.1213.
21. Atkinson B.S., Sparkes D.L., Mooney S.J. Effect of seedbed cultivation and soil macrostructure on the establishment of winter wheat (*Triticum aestivum*) // Soil and tillage research. 2009. Vol. 103. № 2. P. 291–301. DOI: 10.1016/j.still.2008.10.027.
22. Bian D. et al. Effects of tillage practices on root characteristics and root lodging resistance of maize // Field Crops Research. 2016. Vol. 185. P. 89–96. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.10.008.
23. Busari M.A. et al. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment // International soil and water conservation research. 2015. Vol. 3. № 2. S. 119–129. DOI: 10.1016/j.iswcr.2015.05.002.
24. Ishaq M. et al. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum // Soil and tillage research. 2001. Vol. 60. № 3. P. 153–161. DOI: 10.1016/S0167-1987(01)00177-5.
25. Raghavan G.S.V. et al. Vehicular traffic effects on development and yield of corn (maize) // Journal of Terramechanics. 1979. Vol. 16. № 2. P. 69–76. DOI: 10.1016/0022-4898(79)90002-8.
26. Scott D.I. et al. The effects of wheel-induced soil compaction on anchorage strength and resistance to root lodging of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) // Soil and Tillage Research. 2005. Vol. 82. № 2. P. 147–160. DOI: 10.1016/j.still.2004.06.008.
27. Shaheb M.R., Venkatesh R., Shearer S.A. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production // J. Biosyst. Eng. 2021. Vol. 46. № 4. P. 417–439. DOI: 10.1007/s42853-021-00117-7.
28. Thomas G.W., Haszler G.R., Blevins R.L. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soils using the proctor test // Soil Science. 1996. Vol. 161. № 8. S. 502–508.
29. Tracy S.R. et al. Quantifying the impact of soil compaction on root system architecture in tomato (*Solanum lycopersicum*) by X-ray micro-computed tomography // Annals of Botany. 2012. Vol. 110. № 2. P. 511–519. DOI: 10.1093/aob/mcs031.
30. Voorhees W.B. Long-term effect of subsoil compaction on yield of maize // Advances in Geoecology. 2000. № 32. P. 331–338.
31. Wu X. et al. Individual and combined effects of soil waterlogging and compaction on physiological characteristics of wheat in southwestern China // Field Crops Research. 2018. Vol. 215. P. 163–172. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.10.016.

Поступила в редакцию 01.03.2023

Принята к публикации 15.03.2023

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОРОДНЫХ РЕСУРСОВ КРУПНОГО И МЕЛКОГО РОГАТОГО СКОТА ЮГА РОССИИ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ*

Иван Фёдорович Горлов^{1,2}, академик РАН
Марина Ивановна Сложеникина^{1,2}, член-корреспондент РАН
Елена Юрьевна Анисимова¹, кандидат биологических наук
Екатерина Владимировна Карпенко¹, кандидат биологических наук
Дарья Александровна Мосолова¹

¹ФГБНУ «Поволжский 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 приведены результаты исследований генетических особенностей популяций крупного и мелкого рогатого скота, выращиваемого в южных регионах России. Идентифицированы породоспецифичные паттерны ДНК у трех наиболее распространенных в засушливых условиях пород крупного рогатого скота мясного направления. При изучении молочной продуктивности коров голштинской породы различных селекционно-генетических линий установлено, что для повышения ее уровня у потомства и улучшения качественных показателей молочного сырья целесообразно увеличить частоту включения в родительские пары животных линий Вис Бэк Айдиала и Рефлекшн Соверинга. Адаптационные способности и молочная продуктивность импортных животных зависят от их эколого-географического происхождения. По сравнению с голштинскими коровами австралийской и датской селекции, аналоги американской и немецкой отличаются повышенными значениями уровня молочной продуктивности, однако животные австралийской и датской обладают более высокой адаптационной лабильностью. В результате сравнительной характеристики хозяйственно-биологических особенностей двух поколений крупного рогатого скота (родительский, импортированный, первой генерации — полученный в условиях разведения) абердин-ангусской породы, выявлены тенденции к повышению продуктивных качеств. При изучении особенностей формирования мясной продуктивности у бычков калмыцкой породы в зависимости от экстерьерно-конституционального типа установлено, что по основному показателю бычки высокорослого типа превосходят своих аналогов среднего и компактного телосложения, однако мясо последних характеризуется более высокими кулинарно-технологическими показателями, содержит больше жира и имеет привлекательные вкусовые качества. Исследован полиморфизм генов CAST, GH, GDF9, CLPG, FABP4 и MC4R в популяциях овец различных пород, выращиваемых в Республике Калмыкия, Волгоградской и Ростовской областях, Кабардино-Балкарской Республике. Научно обоснован ДНК анализ у молодняка и дальнейший отбор животных с желательными генотипами как перспективный метод ранней диагностики проявления в онтогенезе хозяйственно полезных признаков.

Ключевые слова: животноводство, популяционная генетика, импорт, племенные ресурсы, селекция, продуктивность

INCREASING THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF LARGE AND SMALL CATTLE BREED RESOURCES IN THE SOUTH OF RUSSIA BASED ON MODERN BREEDING METHODS

I.F. Gorlov^{1,2}, Academician of the RAS
M.I. Slozhenkina^{1,2}, Corresponding Member of the RAS
E.Yu. Anisimova¹, PhD in Biological Sciences
E.V. Karpenko¹, PhD in Biological Sciences
D.A. Mosolova¹

¹Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production, Volgograd, Russia

²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

E-mail: niimmp@mail.ru

Abstract. The results of the genetic characteristics research of large and small cattle populations grown in the Southern Russia are stated. Breed-specific DNA patterns have been identified in three of the most common cattle breeds of meat productivity in arid conditions. The milk productivity of Holstein cows of different breeding lines has been studied. It was found that increasing the frequency of animals of Vis Back Ideal and Reflection Sovering lines in the parent pairs could be able to increase the level of milk productivity of offspring and improve the quality indicators of dairy raw materials. The adaptive abilities and milk productivity of imported foreign Holstein cows depending on their origin were estimated. In comparison with Australian and Danish Holstein cows, American and German analogues have a higher level of milk productivity. However Australian and Danish animals have a more flexible adaptive capacity. As a result of the comparative study of the economic and biological characteristics of two generations of Aberdeen-Angus cattle (parental foreign generation, and the first generation — obtained under breeding conditions in Southern Russia), tendencies to increase productive values

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

are revealed. The features of the meat productivity formation in Kalmyk steers different exterior and constitutional types are investigated. It was found that the Kalmyk steers of the tall body type have a higher meat productivity compared with their analogues of medium and compact body types. However, the beef of compact steers has a higher fat percentage, more attractive taste characteristics, culinary and technological indices. The features of polymorphism of CAST, GH, GDF9, CLPG, FABP4 and MC4R genes in populations of sheep of different breeds grown in the Republic of Kalmykia, Volgograd and Rostov regions, Kabardino-Balkaria Republic were also studied. As a promising method of early diagnosis of presence economically useful traits in sheep during ontogenesis, the effectiveness of DNA analysis in young lambs and the further selection of animals with desirable genotypes according to these genes were justified.

Keywords: animal husbandry, population genetics, import, tribal resources, breeding, productivity

Внедрение молекулярно-генетических и биотехнологических инноваций в систему ведения сельского хозяйства позволяет достаточно точно прогнозировать проявление у молодняка продуктивных животных наиболее ценных признаков на этапе формирования родительских пар. [4–7, 10] Значительное отставание по показателям продуктивности местных пород и до сих пор не соответствующая в необходимой мере произошедшему научно-технологическому прорыву в области молекулярно-генетических технологий селекционно-племенная работа не позволяют скотоводству России выйти на качественно новый уровень развития и стать конкурентоспособным на мировой арене. [8] В связи с этим повышение генетического потенциала и продуктивности региональных породных ресурсов может способствовать развитию отечественного животноводства. [1] Учитывая усиление санкционных противостояний, необходимо в кратчайшие сроки сформировать стратегию повышения генетического потенциала отечественных сельскохозяйственных пород, что достижимо при условии получения современных данных о генетическом разнообразии региональных популяций для выведения новых внутривидовых типов, максимально адаптированных к конкретным природно-климатическим особенностям. [3, 9] Грамотно планируя стратегию промышленного скрещивания можно не только повысить генетическое разнообразие аборигенных биоресурсов, но и рационально использовать выводимые внутривидовые типы в конкретных агроэкологических зонах России. [2] Российские научно-исследовательские и высшие учебные заведения ведут активную фундаментальную и поисковую работу по проблемам интенсификации животноводства с использованием конкретных породных ресурсов и способов управления факторами, повышающими продуктивный потенциал сельскохозяйственных животных и птицы. Данное направление исследований – трендовое в зарубежном научном сообществе. [11–15]

Таким образом, актуально решение задач селекционно-генетического прогнозирования. Проблема разработки и внедрения научно обоснованных методов повышения продуктивности сельскохозяйственных животных с учетом породного фактора, линейной принадлежности и экстерьерно-конституционального типа, а также агроклиматических особенностей конкретных территорий разведения и адаптационных способностей скота в зависимости от их эколого-географического происхождения имеет не только народнохозяйственное, но и государственное значение, соответствуя приоритетам и задачам Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержден-

ной Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 года № 642, Постановлению Правительства РФ № 479 от 22.04.2019 года «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы», «Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» (распоряжение Правительства РФ, 8.09.2022. № 2567-р).

Цель исследований – изучение особенностей формирования и возможности прогнозирования фенотипического проявления в процессе онтогенеза генетически детерминированных хозяйственно полезных признаков у сельскохозяйственных животных, разводимых в конкретных агроэкологических условиях, способствующих повышению продуктивного потенциала региональных породных ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Межвидовой и внутривидовой анализ генетического разнообразия изучаемого поголовья, паспортизацию высокопродуктивных сельскохозяйственных животных осуществляли методами ISSR-фингерпринтинга и ПЦР-ПДРФ. Биологический материал: кровь, ушные выщипы. Пробы отбирали в соответствии с общепринятыми методиками, выделение ДНК из биологического материала проводили с использованием коммерческих наборов ООО «НПФ Синтол»: геномной ДНК – «ДНК-Экстран», ДНК на микроколонках – «К-Сорб», ДНК на сорбенте – «S-Сорб», выделение и очистка из агарозных гелей и реакционных смесей ДНК продуктов амплификации и рестрикции – реагенты «EasyWay». Постановка реакции амплификации – с применением коммерческих наборов ЗАО «Евроген»: для проведения ПЦР с последующим анализом на гель-электрофорезе – ScreenMix, эффективной амплификации длинных фрагментов ДНК с широкого спектра матриц и ПЦР с малых количеств ДНК – Encyclo Plus PCR kit, амплификации ДНК-фрагментов для дальнейшего секвенирования – Tersus Plus PCR kit. Количественную оценку продуктов амплификации осуществляли с помощью набора ООО «Бионем»: определение двуцепочечной ДНК в растворе – QuantiFluor(R) dsDNA System E2670; детекция продуктов реакций амплификации и рестрикции – методом горизонтального электрофореза в агарозном геле с добавлением бромистого этидия (EtBr). Популяционно-генетические данные, характеризующие биоразнообразие региональных породных ресурсов, анализировали в программе Popgene 1.32. Данные статистически обрабатывали, оценивая уровень

достоверности различий в Statistica 10.0, руководствуясь пособием Johnson and Bhattacharyya (2010).

Генетическую структуру популяций крупного рогатого скота мясных пород, наиболее распространенных на Юге России, анализировали на поголовье племенного завода имени А. Чапчаева Кетченеровского района Республики Калмыкия, ТОО Племенного завода «Чапаевский» Республики Казахстан, ООО «Шуруповское» Фроловского и ООО «Дон-Агро» Нехаевского районов Волгоградской области.

Адаптационные способности и особенности формирования продуктивных качеств коров различных селекционно-генетических линий и эколого-географического происхождения определяли в условиях комплекса по производству молока – ООО СП «Донское» Волгоградской области.

Акклиматизационные особенности бычков *абердин-ангусской* породы австралийской селекции первой генерации сравнивали с родительским поколением на поголовье, принадлежащем ООО «Дон-Агро».

Формирование продуктивных показателей бычков *калмыцкой* породы различных экстерьерно-конституциональных типов изучали в НАО ПЗ «Кировский» Яшкульского района Республики Калмыкия.

Полиморфизм генов *CAST* и *GH* во взаимосвязи со скоростью набора массы определяли на поголовье овец *сальской* породы из ООО «Белозерное» Сальского района Ростовской области, то же для гена гормона роста – в популяциях овец *эдильбаевской* и *калмыцкой курдючной* пород, принадлежащих НАО ПЗ «Кировский». На базе этого же хозяйства изучали полиморфизм гена *FABP4*.

Генетическую структуру популяций овец на основе идентификации генов, детерминирующих хозяйственно ценные селекционные признаки, исследовали на поголовье Волгоградской (СПК Племзавод «Ромашковский» Палласовского района, ООО «Волгоград-Эдильбай» Быковского района)

и Ростовской (ООО «Белозерное») областей, ООО «Дарган» Кабардино-Балкарской Республики, а также Республики Калмыкия (НАО ПЗ «Кировский»).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Дана комплексная оценка генетическому разнообразию разводимых на территории Волгоградской области и Республики Калмыкия четырех пород крупного рогатого скота мясного направления продуктивности (*абердин-ангусская*, *геррефордская*, *калмыцкая*, *казахская белоголовая*) и их помесей. Выявлены различия между ISSR-фрагментами как по частоте встречаемости, так и характеру спектров. Выполнен сравнительный анализ с родственными породами (*якутская*, *хогорого*, *гоби*), а также породой молочного направления продуктивности – *голландо-фризской*. На графическом изображении генетической близости изученных популяций (рис. 1) видно, что две популяции скота *казахской белоголовой* породы незначительно различаются, при этом *геррефордская* находится на одной с ними ветви, что обусловлено историей создания *казахской белоголовой*. Популяция *калмыцкой* скота оказалась генетически родственной монгольской *хогорого*. Подтверждение на дендрограмме находит факт генетического родства *якутской* и *голландо-фризской* пород, что связано с длительным повсеместным прилитием крови *голландо-фризского* скота отечественному для повышения молочной продуктивности. Отдельную ветвь образует монгольская порода скота *Гоби*, что подтверждает сохранение ее чистокровности.

Исследованы параметры молочной продуктивности коров различных селекционно-генетических линий *голландо-фризской* породы. Дана оценка перспективности использования коров линий Вис Бэк Айдиала, Рефлекшн Соверинга и Монтвик Чифтейна при подборе родительских пар для повы-



Рис. 1. Филогенетическое дерево породных ресурсов мясного скотоводства Юга России (монгольские *Хогорого* и *Гоби*, *якутская* и *голландо-фризская* породы включены в анализ для сравнения).

шения степени проявления генетического потенциала у потомства (табл. 1).

Изучены хозяйственно-биологические особенности коров различных направлений селекции (американская, немецкая, датская и австралийская): показатели роста и развития, воспроизводительной способности, молочной продуктивности; дана характеристика гематологического профиля и естественной резистентности организма животных. Наиболее высокие значения репродуктивности выявлены у коров немецкой и американской селекций (табл. 2).

Коровы немецкой селекции характеризовались и более высокими показателями роста: живая масса была выше на протяжении всего эксперимента и к 36 мес. превосходила этот показатель аналогов американской селекции на 4,5% ($P < 0,001$), датской – 6,1 ($P < 0,001$), австралийской – 2,0% ($P < 0,01$).

Адаптационные способности на основе гематологического профиля и показателей естественной резистентности были выше у коров датской и австралийской селекции, что имеет особое значение для специфических климатических условий южного региона.

Уровень молочной продуктивности наиболее высокий у коров американской селекции и превосходит значение аналогов австралийской на 6,0% ($P < 0,01$), немецкой – 1,4, датской – 6,6% ($P < 0,001$). Но содержание белка (аминокислоты, в том числе незаменимые) было выше в молоке коров австралийской селекции.

Получены данные, характеризующие акклиматизационную способность бычков *абердин-ангусской* породы, разводимых в конкретных агроэкологических условиях. Установлено, что животные первой генерации имели более высокие показатели естественной резистентности по сравнению с животными родительского поколения. Бактерицидная активность бычков, полученных в российских условиях, была выше на 2,89% ($P < 0,001$), лизоцимная – 5,39 ($P < 0,001$) и фагоцитарная – 2,86% ($P < 0,001$). Потомки были выше импортированного поголовья на 0,62% ($P < 0,05$) по высоте в холке и на 1,16 ($P < 0,001$) косой длине туловища, но незначительно уступали им по параметрам ширины тела (на 0,95 по ширине груди, 0,65% – зада в маклоках). Выявлена тенденция к повышению энергии роста из убойных показателей ($P < 0,05$) потомства второго поколения.

В сравнительном аспекте изучены особенности формирования продуктивных качеств бычков *калмыцкой* породы различных типов телосложения: компактного (КТТ), среднего (СТТ) и высокого (ВТТ). Предубойная масса животных ВТТ (16 мес.) была выше аналогов КТТ и СТТ на 6,31% ($P < 0,001$) и 3,0 ($P < 0,01$), масса парных туш – на 7,3 ($P < 0,001$) и 3,4 ($P < 0,01$), выход туш – 0,5 и 0,2% соответственно. У высокорослых бычков масса мяса в тушах была выше на 7,05% ($P < 0,001$) и 3,61 ($P < 0,05$) по сравнению с их аналогами КТТ и СТТ, средняя проба мяса содержала больше белка на 0,91 ($P < 0,01$) и 0,86% ($P < 0,01$) соответственно. Мясо бычков КТТ отличалось более высоким содержанием жира, чем бычков СТТ и ВТТ, на 1,05

Таблица 1.
Сравнительная характеристика показателей молочной продуктивности коров за 305 дней лактации

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг	В.Б. Айдиал	М. Чифтейн
Первая лактация			
Число коров	101	103	46
Удой, кг	7262,03±93,12	7177,70±85,34	6910,89±88,55**
Жир, %	3,87±0,01	3,86±0,01	3,90±0,03
Молочный жир, кг	280,46±3,47	276,31±3,12	269,04±3,02*
Белок, %	3,21±0,01	3,20±0,01	3,21±0,01
Молочный белок, кг	232,88±2,97	230,01±2,73	221,99±2,90*
Живая масса, кг	572,48±4,52	562,08±3,95	585,51±7,02
Наивысшая лактация			
Число коров	101	102	46
Удой, кг	7555,17±89,30	7689,65±71,43	7437,48±81,15
Жир, %	3,86±0,01	3,85±0,02	3,86±0,03
Молочный жир, кг	291,31±3,77	295,73±3,86	286,08±4,60
Белок, %	3,20±0,01	3,20±0,01	3,21±0,01
Молочный белок, кг	242,11±3,22	246,23±3,31	238,81±4,11
Живая масса, кг	570,41±4,41	565,27±3,98	595,07±10,05*
Коэффициент молочности, кг/100 кг	1324,51±18,60	1357,91±18,00	1249,84±19,22**

Примечание. Достоверность разницы: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$ по сравнению с линией Р. Соверинга.

Таблица 2.
Воспроизводительная способность первотелок различных селекций

Параметр	США	Дания	Германия	Австралия
	(n=245)	(n=245)	(n=386)	(n=250)
Возраст первого успешного оплодотворения, мес.	16,2	16,5	17	17,3
Масса при первом осеменении, кг	420,5±5,2***	402,0±3,8***	452,0±4,8	418,0±3,0***
Сервис-период, дн.	117,2±4,3	129,0±3,1	125,6±2,9	127,4±4,4
Количество осеменений	1,7	1,8	1,7	1,8
Период стельности, дн.	286,7±5,1	283,5±4,2	285,8±5,2	287,2±4,9
Возраст первого отела, дн.	779,0±9,5	783,2±19,4	792,5±8,8	799,2±11,0
Масса теленка при рождении, кг	38,2±1,2	37,5±0,9*	39,8±0,6	38,0±1,1
Выход телят, гол.	213	202	325	208

Примечание. Достоверность разницы: *** – $P < 0,001$; * – $P < 0,05$ по сравнению с аналогами немецкой селекции.

и 2,56% ($P < 0,01$) соответственно. В пробе ДМС бычков ВТТ было больше триптофана и меньше оксипролина, в связи с чем выше их соотношение (БКП) и пищевая ценность говядины. Мясо бычков КТТ имело более высокое значение влагоудерживающей способности. Органолептические показатели мяса всех подопытных бычков зависели от типа термической обработки, однако более высокими вкусовыми качествами обладала говядина,



Рис. 2. Органолептическая оценка говядины.

Таблица 3. Показатели энергии роста в зависимости от генотипа

Генотип	Живая масса, кг		Среднесуточный прирост, г
	рождение	отъем	
MM (n=84)	4,11±0,07	22,19±0,27	301,12±5,79
NM (n=24)	4,19±0,18	23,23±0,38*	317,43±2,01**

Примечание. Достоверность разницы: * – P < 0,05; ** – P < 0,01 по сравнению с гомозиготной формой.

полученная от бычков компактного типа телосложения (рис. 2).

Изучен полиморфизм гена кальпастина и его взаимосвязь со скоростью набора массы в ростовской популяции овец сальской породы. Установлено, что животные с гетерозиготным генотипом превосходили своих гомозиготных аналогов по значениям среднесуточного прироста на 5,42% (P < 0,01) и имели более высокий показатель живой массы при отъеме на 4,69% (P < 0,05) (табл. 3).

Исследован полиморфизм гена соматотропина и его взаимосвязь со скоростью набора массы в ростовской популяции овец сальской породы, а также

двух популяциях овец калмыцкой и эдильбаевской пород, разводимых на территории Республики Калмыкия. Живая масса при отъеме, в возрасте 9 мес., а также значения среднесуточного прироста животных сальской породы с гетерозиготным генотипом превышали значения этих параметров у гомозиготных аналогов на 4,1% (P < 0,05), 29,6 (P < 0,01) и 57,8% (P < 0,001) соответственно. Баранчики с генотипом AB/GH по убойной массе, массе парной туши и убойному выходу превосходили аналогов с генотипом AA/GH на 35,7% (P < 0,01), 38,6 (P < 0,01) и 2,04% (P < 0,05) соответственно (табл. 4). От гетерозиготных по гену GH животных было получено на 45,5% (P < 0,05) больше баранины. Гетерозиготный генотип также обуславливал увеличение массы сердца и почек на 50,0 (P < 0,05) и 37,7% (P < 0,05) соответственно.

В результате идентификации полиморфизма гена дифференциального фактора роста у овец сальской и волгоградской пород и изучения взаимосвязи с репродуктивными показателями животных установлено, что гетерозиготные имеют самую высокую фертильность. Выход ягнят у овец сальской породы AG и GG составил 1,80 и 1,13 (P < 0,001); волгоградской – 1,88 и 1,22 (P < 0,01) соответственно.

Изучен характер полиморфизма гена калипингия в трех популяциях овец (эдильбаевская, калмыцкая курдючная и волгоградская). Идентифицированы только гомозиготные по аллелю A генотипы (рис. 3).

Гетерозиготных генотипов и генотипов, гомозиготных по аллелю G, не выявлено. Таким образом, локус CLPG в этих популяциях оказался мономорфным.

Найдены закономерности отложения жировой ткани и ассоциативная связь данного параметра с полиморфизмом гена FABP4 как генетическим маркером качества мясной продукции в сравнительном аспекте между двумя популяциями грубошерстных пород овец (эдильбаевская и калмыцкая курдючная). Установлено, что локус FABP4 – мономорфный в этих популяциях. Однако выявлены достоверные межпородные различия по значениям предубойной массы (P < 0,001) и массе туши (P < 0,001) в сторону овец калмыцкой породы. По содержанию жира подкожного (P < 0,01), курдюч-

Таблица 4.

Убойные показатели баранчиков различных генотипов

Генотип	Предубойная масса, кг	Масса туши, кг		Убойная масса, кг	Выход мяса (на 1 кг костей)	Убойный выход с курдюком, %
		парной	охлажденной			
<i>Калмыцкая курдючная</i>						
AA (n=52)	38,0±0,8 ^{a0}	16,4±0,8 ^{b0}	16,0±0,7 ^{bc}	19,3±0,7 ^{d0}	3,47±0,03 ^{***}	50,8
AB (n=35)	41,7±0,7 ^{***}	18,9±0,4 ^{***}	18,4±0,5 ^{***}	21,5±0,5 ^{***}	3,56±0,01 ^{***}	51,6
BB (n=13)	39,1±0,5 ^{b0}	16,9±0,6 ^{bc}	16,3±0,6 ^{bc}	20,1±0,3 ^{***}	3,16±0,04 ^{***}	51,4
<i>Эдильбаевская</i>						
AA (n=48)	36,8±0,5	14,9±0,3	14,3±0,4	18,3±0,4	2,93±0,04	49,7
AB (n=35)	38,4±0,5 ^c	16,2±0,4 ^b	15,6±0,3 ^c	19,5±0,3 ^c	3,03±0,02 ^c	50,8
BB (n=17)	37,4±1,2 ^{ns}	15,3±0,1 ^{ns}	14,9±0,1 ^{ns}	18,6±0,2 ^{ns}	3,02±0,01 ^c	49,7

Примечание. Достоверность разницы: ^a – P < 0,001; ^b – P < 0,01; ^c – P < 0,05; ^{ns} – P < 0,95 по сравнению с данными AB-генотипа в группе калмыцкой курдючной породы; ^A – P < 0,001; ^B – P < 0,01; ^C – P < 0,05; ^{NS} – P < 0,95 – AA-генотипа в группе эдильбаевской породы; ^{***} – P < 0,001; ^{**} – P < 0,01; ^{*} – P < 0,05; ⁰ – P < 0,95 – аналогичного генотипа между породами.

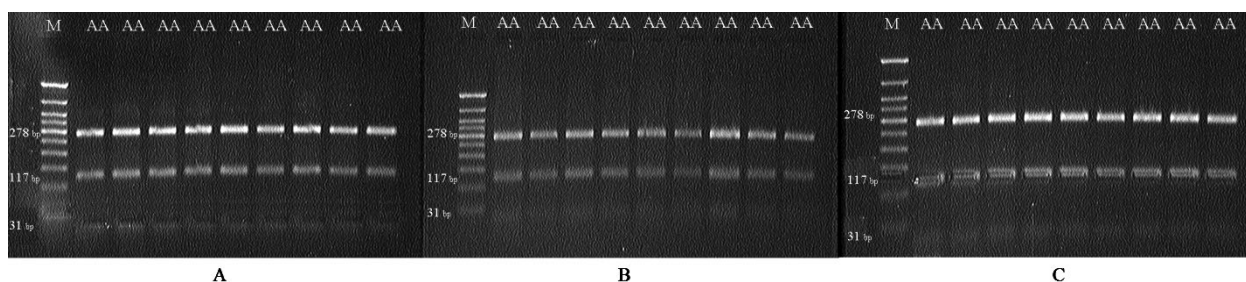


Рис. 3. Электрофоретическое разделение фрагментов ДНК при анализе полиморфных вариантов гена *CLPG / BsmFI* в 2%-м агарозном геле: А – эдильбаевская порода; В – волгоградская; С – калмыцкая курдючная; М – маркер (50 + bp DNA Ladder).

ного ($P < 0,001$) и общему ($P < 0,001$) молодняк эдильбаевской породы превосходил аналогов калмыцкой (табл. 5).

Выполнено исследование мясной продуктивности овец карачаевской породы во взаимосвязи с различными генотипами *MC4R*. Наличие генотипа *AA* обуславливало более высокие среднесуточные приросты по сравнению с гетерозиготными и гомозиготными формами по аллелю *G* на 5,1 ($P < 0,05$) и 7,7% ($P < 0,001$) соответственно. Животные с генотипом *AA/MC4R* по предубойной массе превосходили аналогов с *AG/MC4R* и *GG/MC4R* на 4,5 и 6,7% ($P < 0,05$) соответственно. Убойная масса овец с генотипом *AA/MC4R* также превышала такую у аналогов с *AG/MC4R* и *GG/MC4R* на 8,4 ($P < 0,05$) и 15,3% ($P < 0,001$) соответственно. Масса охлажденной туши животных генотипа *AA/MC4R* была выше, чем у *AG/MC4R* и *GG/MC4R* на 6,0 ($P < 0,05$) и 11,1% ($P < 0,001$) соответственно.

Выводы. Впервые изучены генетические особенности породных ресурсов крупного рогатого скота Волгоградской области и Республики Калмыкия, выполнен сравнительный анализ мясных пород с родственными породами (якутская, хогорого, гоби), а также породой молочного направления продуктивности – голштино-фризской. Изучены: осо-

бенности формирования молочной продуктивности коров различных селекционно-генетических линий голштинской породы, адаптационные способности и продуктивные качества поголовья, полученного от четырех импортных селекций различного эколого-географического происхождения; уровень адаптации и перспективы повышения степени реализации генетического потенциала импортного крупного рогатого скота абердин-ангусской породы на основе сравнительной характеристики родительского поколения с потомством первой генерации, полученного в условиях Волгоградской области; особенности формирования продуктивных качеств аборигенного мясного скота Республики Калмыкия в зависимости от экстерьерно-конституционального типа; генетическая структура породных ресурсов мелкого рогатого скота Волгоградской области и Республики Калмыкия, выявлены особенности полиморфизма генов, детерминирующих хозяйственно ценные селекционные признаки.

Полученные результаты стали основой для формирования генетико-селекционной системы сохранения, мониторинга и управления генофондами, а также стратегии повышения эффективности промышленного скрещивания в животноводческих предприятиях Юга России. Выполненные исследования способствуют научно-техническому прогрессу в отечественном животноводстве, расширению горизонтов организации и ведения селекционно-племенной работы в конкретных агроклиматических условиях.

Таблица 5. Распределение жировой ткани в убойном материале

Показатель	Единицы измерения	Порода	
		Калмыцкая	Эдильбаевская
Предубойная масса	кг	41,7±0,5***	38,0±0,9
Масса туши	кг	18,3±0,6***	16,2±0,3
подкожный	кг	0,75±0,06**	1,00±0,06
	%	4,09	6,12
курдючный	кг	2,87±0,04***	3,32±0,03
	%	15,58	20,49
внутримышечный	кг	0,65±0,07	0,51±0,06
	%	3,55	3,15
общее	кг	4,27±0,05***	4,83±0,09
	%	23,33	29,81
Внутренний жир	кг	0,16±0,02	0,12±0,02
Всего	кг	4,43±0,04***	4,95±0,07
	%	24,2	30,56

Примечание. Достоверность разницы: ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$ по сравнению с эдильбаевской породой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Батанов С.Д., Амерханов Х.А., Баранова И.А. и др. Молочная продуктивность коров разных экстерьерно-конституциональных типов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 102–113.
2. Иванов Р.В., Захарова Л.Н. Проблемы адаптации завозных специализированных пород крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 3. С. 94–102.
3. Илькив Н. Генетика КРС: новые возможности // Эффективное животноводство. 2022. № 3 (178). С. 62–71.
4. Колосова М.А., Колосов А.Ю., Бакоев Ф.С. ДНК-маркеры продуктивности в свиноводстве // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 4-1 (34). С. 16–20.
5. Мусаева И.В., Алиева Р.М. Генетические маркеры мясной продуктивности овец // Известия Дагестанского ГАУ. 2022. № 1 (13). С. 61–64.

6. Селионова М.И., Плахтюкова В.Р. Мясная продуктивность бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам *CAPN1* и *GH* // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 9–12.
7. Сычѐва О.В., Кононова Л.В. Генетические маркеры в молочном скотоводстве // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 1 (1). С. 27–31.
8. Тихомиров А.И. Экономическая эффективность технологической модернизации и интенсификации животноводства России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2022. № 12. С. 21–24.
9. Шендаков А.И. Влияние голштинской породы на генотип черной-пестрой породы в стадах Орловской области // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 1. С. 17–20.
10. Konovalova, E. Romanenkova O., Zimina A. et al. Genetic variations and haplotypic diversity in the myostatin gene of different cattle breeds in Russia // *Animals (Basel)*. 2021. V. 11. № 10. A. 2810.
11. Al-Thuwaini T.M., Al-Shuhaib M.B.S., Lepretre F., Dawud H.H. Two co-inherited novel SNPs in the MC4R gene related to live body weight and hormonal assays in Awassi and Arabi sheep breeds of Iraq // *Veterinary Medicine and Science*. 2021. V. 7. № 3. P. 897–907.
12. Haruna I.L., Li Y., Ekegbu U.J. et al. Associations between the bovine myostatin gene and milk fatty acid composition in New Zealand Holstein-Friesian × Jersey-Cross cows // *Animals (Basel)*. 2020. V. 10. № 9. P. 1447.
13. Valencia C.P.L., Franco L.Á.Á., Herrera D.H. Association of single nucleotide polymorphisms in the *CAPN*, *CAST*, *LEP*, *GH*, and *IGF-1* genes with growth parameters and ultrasound characteristics of the Longissimus dorsi muscle in Colombian hair sheep // *Tropical Animal Health and Production*. 2022. V. 54. № 1. A. 82.
14. Wang F., Chu M., Pan L. et al. Polymorphism Detection of *GDF9* gene and its association with litter size in Luzhong Mutton Sheep (*Ovis aries*) // *Animals (Basel)*. 2021. V. 11. № 2. A. 571.
15. Yan W., Zhou H., Hu J. et al. Variation in the *FABP4* gene affects carcass and growth traits in sheep // *Meat Science*. 2018. V. 145. P. 334–339.
16. birskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2020. T. 50. № 3. S. 94–102.
17. Il'kiv N. Genetika KRS: novye vozmozhnosti // *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2022. № 3 (178). S. 62–71.
18. Kolosova M.A., Kolosov A.Yu., Bakoev F.S. DNK-markery produktivnosti v svinovodstve // *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. № 4-1 (34). S. 16–20.
19. Musaeva I.V., Alieva R.M. Geneticheskie markery myasnoj produktivnosti ovec // *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. 2022. № 1 (13). S. 61–64.
20. Selionova M.I., Plahtyukova V.R. Myasnaya produktivnost' bychkov kazahskoj belogolovoj породы raznykh genotipov po genam *CAPN1* i *GH* // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2020. № 4. S. 9–12.
21. Sychyova O.V., Kononova L.V. Geneticheskie markery v molochnom skotovodstve // *Agrarno-pishchevye innovacii*. 2018. № 1 (1). S. 27–31.
22. Tihomirov A.I. Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologicheskoy modernizacii i intensivizacii zhivotnovodstva Rossii // *Ekonomika sel'skohozyajstvennykh i pererabatyvayushchih predpriyatij*. 2022. № 12. S. 21–24.
23. Shendakov A.I. Vliyanie golshtinskoj породы na genotip cherno-pestrogo skota v stadakh Orlovskoy oblasti // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2022. № 1. S. 17–20.
24. Konovalova, E. Romanenkova O., Zimina A. et al. Genetic variations and haplotypic diversity in the myostatin gene of different cattle breeds in Russia // *Animals (Basel)*. 2021. V. 11. № 10. A. 2810.
25. Al-Thuwaini T.M., Al-Shuhaib M.B.S., Lepretre F., Dawud H.H. Two co-inherited novel SNPs in the MC4R gene related to live body weight and hormonal assays in Awassi and Arabi sheep breeds of Iraq // *Veterinary Medicine and Science*. 2021. V. 7. № 3. P. 897–907.
26. Haruna I.L., Li Y., Ekegbu U.J. et al. Associations between the bovine myostatin gene and milk fatty acid composition in New Zealand Holstein-Friesian × Jersey-Cross cows // *Animals (Basel)*. 2020. V. 10. № 9. P. 1447.
27. Valencia C.P.L., Franco L.Á.Á., Herrera D.H. Association of single nucleotide polymorphisms in the *CAPN*, *CAST*, *LEP*, *GH*, and *IGF-1* genes with growth parameters and ultrasound characteristics of the Longissimus dorsi muscle in Colombian hair sheep // *Tropical Animal Health and Production*. 2022. V. 54. № 1. A. 82.
28. Wang F., Chu M., Pan L. et al. Polymorphism Detection of *GDF9* gene and its association with litter size in Luzhong Mutton Sheep (*Ovis aries*) // *Animals (Basel)*. 2021. V. 11. № 2. A. 571.
29. Yan W., Zhou H., Hu J. et al. Variation in the *FABP4* gene affects carcass and growth traits in sheep // *Meat Science*. 2018. V. 145. P. 334–339.

REFERENCES

Поступила в редакцию 10.03.2023
 Принята к публикации 24.03.2023

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТАДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА СЫЧЕВСКОЙ ПОРОДЫ

Валентина Ивановна Дмитриева, кандидат сельскохозяйственных наук
Дмитрий Николаевич Кольцов, кандидат сельскохозяйственных наук
Михаил Елисеевич Гонтов, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Смоленск, Россия
E-mail: koltsovdm@yandex.ru

Аннотация. В АО «Смоленское» изучена (2006–2020 годы) динамика изменения аллелофонда стада по генетическим маркерам групп крови с периодом в пять лет. Выявлено сокращение числа EAB-аллелей у быков-производителей с 29 до 16, коров – с 39 до 33. Частота встречаемости 12-13 основных EAB-аллелей в стаде – 0,737–0,753, породе – 0,778. Во все периоды мониторинга EAB-аллели $G_2Y_2E_1Q$, Y_1A_1 , $E_3G'G'$, Q встречались с частотой 4% и выше. Отмечено повышение уровня гомозиготности по маточному поголовью на 1,1%, быкам-производителям – более чем на 3%. Установлена встречаемость аллелей EAB-локуса $B_2 \pm G_2O_1Y_2D'E_2G'$, E_3G' , $E_3G'G'$, $G_2T_2Y_2A_1B'D'G'V'Q'Y'B'$, G_1A_1 за 2020 год с суммарной частотой в стаде 0,318, породе – 0,120. У 13% коров стада имеются EAB-аллели A_1B' , B_1I_1Q , $O_1V'Q$, $G_3O_1T_1A_2E_3F_2K'G'$, I_1Y_2V , в породе – у 22,3%. Выявлено, что аллели голштинской породы в разные периоды встречались соответственно у 43,3, 25,9, 61,7% коров, сычевской – 19,2, 36,0, 23,2%. Индекс генетического сходства между животными племенных хозяйств сычевской породы – 0,632–0,884, между животными стада и породы – 0,750–0,855. У быков разница в продуктивности дочерей в пользу того или иного преферентного аллеля от производителя составила по первой лактации 61–1403 кг молока, 0,01–0,15% жира и до 0,06% белка. По максимальной лактации различия в удое – 26–1083 кг молока, содержанию жира – 0,02–0,19%, белка – 0,01–0,06%.

Ключевые слова: EAB-аллели, генетический мониторинг, частота встречаемости, группы крови, селекция, гомозиготность, продуктивность

GENETIC MONITORING CATTLE A HERD OF THE SYCHEVBREED

V.I. Dmitrieva, *PhD in Agricultural Sciences*
D.N. Koltsov, *PhD in Agricultural Sciences*
M.E. Gontov, *PhD in Agricultural Sciences*

Federal State Budgetary Research Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”, Smolensk, Russia
E-mail: koltsovdm@yandex.ru

Abstract. According to the results of immunogenetic studies (2006–2020), the dynamics of changes in the herd allelofond according to genetic markers of blood groups with a period of five years was studied in JSC Smolenskoye for breeding work. A reduction in the number of EAB alleles in breeding bulls from 29 to 16, in cows from 39 to 33 was revealed. The frequency of occurrence of 12–13 main EAB alleles in the herd is 0.737–0.753, in the breed – 0.778. During all monitoring periods, the EAB alleles – $G_2Y_2E_1Q$, Y_1A_1 , $E_3G'G'$, Q were found with a frequency of 4% and higher. There was an increase in the level of homozygosity for dam stock by 1.1%, for producing bulls – by more than 3%. It was found that in the herd for 2020 with a total frequency of 0.318, there are alleles of the EAB locus $B_2 \pm G_2O_1Y_2D'E_2G'$, E_3G' , $E_3G'G'$, $G_2T_2Y_2A_1B'D'G'V'Q'Y'B'$, G_1A_1 . The frequency of their occurrence by breed is 0.120. In 13% of cows of the herd, there are EAB alleles A_1B' , B_1I_1Q , $O_1V'Q$, $G_3O_1T_1A_2E_3F_2K'G'$, I_1Y_2V , in the breed they occur in 22.3% of animals. It was revealed that alleles of the Holstein breed in different periods were found, respectively, in 43.3, 25.9, 61.7 percent of cows, alleles of the breed of Sychevka – in 19.2, 36.0, 23.2%. The index of genetic similarity between the breeding farms of the breed of Sychevka varied from 0.632–0.884, between the animals of the herd and the breed it was 0.750–0.855. We note that in bulls evaluated by the quality of offspring, the difference in the productivity of daughters in favor of one or another preferential allele from the producer was 61–1403 kg of milk, 0.01–0.15% fat and up to 0.06 percent protein for the first lactation. According to the highest lactation, the differences in milk yield are 26–1083 kg of milk, in fat content – 0.02–0.19%, protein 0.01–0.06%.

Keywords: EAB-alleles, genetic monitoring, frequency of occurrence, blood groups, selection, homozygosity, productivity

Повышению эффективности селекционно-племенной работы способствуют новые методы и приемы. [5, 7, 10] Генетическое маркирование по группам крови широко применяют при совершенствовании скота многих пород. [1, 6, 11, 13]

Исследования групп крови крупного рогатого скота швицкой и сычевской пород, районированных в Смоленской области, для использования генети-

ческих маркеров в теоретической и практической селекции проводят с 1972 года. Они помогают изучить влияние селекционных процессов на формирование генетической структуры породы. В племенных хозяйствах ежегодно определяют группы крови у всех животных, оставляемых для ремонта собственного стада и племенных продаж. Стадо крупного рогатого скота АО «Смоленское» сформиро-

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (тема FGSS-2019-0012) / 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 task of the Federal State Budgetary Research Center LC (topic FGSS-2019-0012).

ровано на основе *сычевской* породы, выведенной в племенных заводах и репродукторах Смоленской области. До 1985 года *сычевская* порода совершенствовалась по принципу «закрытой» популяции при ограниченном завозе быков-производителей из разных регионов, преимущественно родственной *симментальской* породы. Затем для улучшения продуктивных и технологических качеств *сычевского* скота начали массово использовать *голитинскую* породу красно-пестрой масти, что положительно повлияло на эффективность селекции по продуктивным показателям. Наряду с улучшением хозяйственно полезных признаков в породе произошло значительное изменение спектра аллелофонда групп крови EAB-локуса. [2, 3] Иммуногенетический мониторинг контролирует изменения в генофонде и нарастание в стаде гомозиготности, последствия которой аналогичны прямому инбридингу. [8]

Наследственное разнообразие животных из десяти известных типов генетических систем в большей степени отражают группы крови полиаллельной EAB-системы, которые чаще всего используют в качестве генов-маркеров. Исследования по изучению генетической структуры стада с использованием таких маркеров как критерий изменения в поколениях наследственной информации, имеют актуальное значение.

Цель работы – проанализировать современное состояние аллелофонда *сычевской* породы в стаде АО «Смоленское» по маркерным аллелям EAB-локуса групп крови и его изменение в процессе селекции; изучить генетическую структуру стада по аллелям EAB-локуса групп крови по периодам мониторинга; выявить аллели, определяющие группы крови, рассчитать частоту их встречаемости по периодам исследования; сравнить аллелофонд стада во времени и с породой; выделить основные маркерные EAB-аллели стада; установить генетическое сходство с животными *сычевской* породы из племенных хозяйств области; оценить племенную значимость быков-производителей по преферентным EAB-аллелям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования провели на базе лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИСХ Федерального научного центра лубяных культур и племенного завода по разведению скота *сычевской* породы АО «Смоленское». В работе руководствовались данными внутрихозяйственного племенного учета программы «СЭЛЕКС – Молочный скот» с 2006 по 2020 год.

Изменения в аллелофонде стада изучали по пятилетним периодам: 2006–2010, 2011–2015, 2016–2020 годы.

Группы крови определяли, используя 50...60 ре-агентов собственного производства, унифицированных в международных испытаниях. Постановку гемолитических тестов, установление генотипов, частоту встречаемости аллелей проводили по общепринятым методикам. [14] Цифровой материал обрабатывали методом популяционного анализа и биометрии в программе Microsoft Excel 2007. [9] Достоверность различий устанавливали по крите-

рию Стьюдента при уровнях значимости: $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$. Степень генетического сходства рассчитывали общепринятым методом. [4]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основной источник изменения аллелофонда – быки-производители. С 2005 по 2019 год в племенном заводе было задействовано 32 быка *сычевской*, *голитинской* (красно-пестрая масть) и *симментальской* пород. Частота встречаемости EAB-аллелей групп крови в аллелофонде стада зависит во многом от интенсивности использования отдельных быков, разведения с учетом определенных линий.

В генотипах быков-производителей встречалось 36 аллелей EAB-локуса групп крови. Аллелофонд по периодам представлен всего 16...29 EAB-аллелями, к 2019 году он сократился почти в два раза (табл. 1).

Таблица 1.
Мониторинг аллелей EAB-локуса групп крови у быков-производителей

Основные аллели EAB – локуса групп крови	Период использования, год		
	2005–2009 n=20	2010–2014 n=29	2015–2019 n=12
b	0,05	0,034	0,042
A ₁ B'	0,05	0,017	0
B ₂ O ₁ Y ₂ *	0,025	0,034	0
B ₁ I ₁ Q	0,05	0,069	0,042
G ₃ O ₁	0,025	0	0,042
G ₂ Y ₁ D'	0,025	0,052	0
G ₃ O ₁ T ₁ A ₂ 'E ₃ 'F ₂ 'K'G''	0	0,034	0,083
G ₂ Y ₁ E ₁ Q'	0,125	0,086	0,167
G ₂ T ₂ Y ₂ A ₁ 'B'D'G'Q'Y'B''	0	0,017	0,0
G ₂ T ₂ Y ₂ A ₁ 'B'D'G'Q'Y'B''*			0,017
I ₁ Y ₂ E ₁ G'G''*	0,05	0	0
Y ₁ A ₁ '*	0,100	0,017	0
E ₁ 'G'G''*	0	0,103	0,125
E ₁ 'G''	0,025	0,121	0
O ₁	0	0,052	0
O ₁ I'Q'	0,075	0,052	0,125
O ₂ A ₂ 'J ₂ 'K'O''*	0,050	0,017	0
Q'	0,050	0,069	0,042
D'E ₃ 'F ₂ 'G'O'G''*	0,025		0
I ₁ Y ₂ 'I'	0,075	0,017	0,042
O'	0,050	0,017	0
B ₂ O ₁ Y ₂ D'	0	0,017	0
B ₂ Y ₂ E ₃ 'G''G''	0	0	0,042
B ₂ ±G ₂ O ₁ Y ₂ D'E ₂ 'G''*	0	0	0,017
O ₁ A ₁ '*	0	0,017	0
B ₁ O ₁ '*	0,025	0,017	0
O ₁ A ₁ 'I'	0,025		0
G ₁ A ₁ '*	0,025		0
Всего аллелей	29	28	16
Другие аллели	10	8	4
Их суммарная частота	0,255	0,141	0,786
Коэффициент гомозиготности	0,061	0,059	0,094
Число эффективных аллелей	16	17	11

Примечание. * Аллели EAB-локуса *голитинской* породы красно-пестрой масти.

Во все анализируемые периоды у быков встречаются аллели EAB-локуса O₁I/Q', G₂Y₂E'₁Q' с частотой 0,052...0,167.

В 2005–2009 годах частота встречаемости EAB-аллелей I₁Y₂I', Y₁A'₁ у быков – 7,5 и 10% соответственно, в 2010–2014 – 0,017. Последующие пять лет в хозяйстве не использовали быков с EAB-аллелем Y₁A'₁. С 2010 года у быков с высокой частотой (10,3...12,5%) стал встречаться EAB-аллель E'₃G/G// от быка Карибик 85429. За 2014–2019 годы в аллелофонде появились новые EAB-аллели G₂T₂Y₂A'₁B/D/G/I/Q/Y/B//, B₂ ± G₂O₁Y₂D/E'₂G// от быка Раптайт 6802, завезенного из Австрии в 2006 году.

EAB-аллели голштинской породы красно-пестрой масти были широко распространены в аллелофонде быков-производителей до 2009 года, с частотой встречаемости – 0,350, к 2019 году – 0,159. Доля EAB-аллелей характерных для сычевской породы сохраняется на уровне 2009 года (до 46%). Среди них частота 4% и более у аллелей EAB-локуса O₁I/Q', G₃O₁T₁A'₂E'₃F'₂K/G//, B₁I₁Q, G₂O₁, B₂Y₂E'₃G/G//. При анализе аллелофонда по периодам мониторинга установлено, что по EAB-аллелям у быков-производителей увеличивается генетическая однородность. Коэффициент гомозиготности с 6,1 (2005–2009 годы) повысился до 9,4 (2014–2019).

Необходимы меры для снижения в стаде уровня гомозиготности, так как это уменьшает возможности селекции и может привести к неожиданным результатам. Как показывают исследования, последствия нарастания в стаде уровня гомозиготности (внутрипородный инбридинг) близки по значимости к увеличению инбридинга со всеми негативными последствиями. [12]

За 2006–2020 годы в стаде выявлено 48 EAB-аллелей. Численность аллелей EAB-локуса групп крови за 15 лет сократилась с 39 до 33, при этом уровень гомозиготности повысился на 0,011 (табл. 2).

Местные малочисленные локальные породы крупного рогатого скота, к которым относятся и сычевская, имеют более низкие показатели генетического разнообразия по сравнению с широко распространенными и повсеместно используемыми породами. Возможно, это влияние снижения численности используемых в стаде быков-производителей из-за жесткой селекции животных по молочной продуктивности. За 2021 год средний удой в стаде на одну фуражную корову сычевской породы – 5921 кг молока.

Установлено, что аллелофонд стада по частоте встречаемости EAB-аллелей за 2006–2020 годы изменяется. С высокой частотой во все периоды мониторинга встречается аллель EAB-локуса групп крови G₂Y₂E'₁Q', характерный для обеих пород. Его носители – 12...18% коров в стаде. Высокая частота встречаемости у EAB-аллеля Q' (0,066...0,106).

За 2006–2010 годы в стаде чаще, чем в последующие периоды, встречались EAB-аллели Y₁A'₁, G₁A'₁ – 0,158, 0,075 соответственно. В 2016–2020 годах численность их сократилась до 0,045 и 0,025. Элиминирует из стада EAB-аллель B₁O₁, частота его встречаемости за 15 лет снизилась с 6,4 до 0,5%.

С частотой, соответственно, 0,061 и 0,12 появились у животных с 2016 по 2020 год EAB-аллели G₂T₂Y₂A'₁B/D/G/I/Q/Y/B// и B₂ ± G₂O₁Y₂D/E'₂G//.

Большое значение при характеристике генетической изменчивости стада и породы уделяется основным EAB-аллелям с частотой встречаемости 2% и выше.

По периодам исследования, в стаде выделено 12...13 основных аллелей EAB-локуса с суммарной частотой встречаемости по периодам 0,737...0,753. Среди них в разные пятилетки мониторинга аллели голштинской породы красно-пестрой масти встречались у 43,3, 25,9, 61,7% коров соответственно, сычевской – 19,2, 36,0, 23,2%. В исследованиях по сычевской породе также отмечается высокая суммарная частота 13...17 основных EAB-аллелей (0,714...0,825). [7, 8]

Таблица 2.
Мониторинг аллелей EAB локуса групп крови в стаде АО «Смоленское»

EAB-аллели	Год рождения потомков			По породе
	2006–2010	2011–2015	2016–2020	2020
	n=187	n=235	n=99	n=1269
b	0,016	0,043	0,035	0,071
A,B'	0,016	0,006	0,010	0,030
B ₂ O ₁ Y ₂ *	0,027	0,028	0,005	0,011
B ₁ I ₁ Q	0,008	0,034	0,030	0,043
B ₁ T ₁ A' ₁	0	0,002	0,005	0,0
B ₂ ± G ₂ O ₁ Y ₂ D/E' ₂ G//*	0	0	0,116	0,032
G ₂ Y ₁ D//*	0,021	0,049	0,020	0,043
G ₃ O ₁ T ₁ A' ₂ E' ₃ F' ₂ K/G//	0,003	0,015	0,025	0,041
G ₂ Y ₂ E' ₁ Q'	0,123	0,177	0,182	0,180
G ₂ T ₂ Y ₂ A' ₁ B/D/G/Q/Y/B//	0	0,015	0,005	0,015
G ₂ T ₂ Y ₂ A' ₁ B/D/G/I/Q/Y/B//*	0	0	0,061	0,027
I ₁ Y ₂ E' ₃ G/G//*	0,005	0,004	0	0,012
I ₁ O ₁ A' ₂ K/Q'	0	0,002	0	0,009
Y ₁ A' ₁ * *	0,158	0,072	0,045	0,066
E' ₃ G/G//*	0,053	0,057	0,091	0,044
E' ₃ G//	0,019	0,062	0,025	0,013
O ₁	0,024	0,030	0,010	0,003
O,Q'	0,013	0,006	0,010	0,002
O ₁ I/Q'	0,037	0,049	0,051	0,081
O ₂ A' ₂ J ₂ K/O*	0,016	0,013	0,005	0,027
Q'	0,078	0,106	0,066	0,045
D/E' ₃ F' ₂ G/O/G//*	0,008	0,017	0,010	0,004
I ₁ Y ₂ I'	0,029	0,015	0,015	0,028
O'	0,024	0,036	0	0,020
B ₂ O ₁ Y ₂ D//*	0,011	0,015	0	0,018
Q ₁ A' ₁ * *	0	0,013	0	0,002
QA' ₂ E' ₂ O'	0,019	0,006	0,005	0,002
B ₁ O ₁ *	0,064	0,023	0,005	0,001
O ₁ A' ₁ I//*	0,035	0,002	0,010	0,015
G ₁ A' ₁ * *	0,075	0,030	0,025	0,004
Всего аллелей	39	39	33	69
Другие аллели	15	11	10	41
Их суммарная частота	0,118	0,073	0,133	0,163
Коэффициент гомозиготности	0,068	0,070	0,079	0,064
Число эффективных аллелей	15	14	13	16

Примечание. * – Аллели EAB-локуса голштинской породы красно-пестрой масти.

По породе за 2020 год частота встречаемости 15 основных ЕАВ-аллелей составляет 0,778. Для 30,2% коров характерны аллели голштинской породы красно-пестрой масти. Широкое использование сычевских быков в последние годы привело к увеличению в аллелофонде встречаемости аллелей сычевской породы (40%). Частота наиболее распространенных B_1Q , $G_3T_1A_2E_3F_2K/G''$, O_1I/Q' , Q' составляет 0,043, 0,041, 0,081, 0,045 соответственно.

Частота встречаемости аллелей и генотипов групп крови – генетическая характеристика стада. За 2016–2020 годы по сравнению с сычевской породой, в стаде чаще встречаются аллели ЕАВ-локуса $B_{\pm}G_2O_1Y_2D/E_2G''$, E_3G' , E_3G/G'' , G_1A_1 , $G_2Y_2A_1B'D/G'IQ'Y/B''$, суммарная частота – 0,318, в породе – 0,120. Аллели ЕАВ-локуса A_1B' , B_1I_1Q , $G_3O_1T_1A_2E_3F_2K/G''$, O_1I/Q' , I_1Y_2I' встречаются в стаде реже (0,131), породе – у 22,3% животных.

Чтобы объективно оценить сходство и различия между животными племенного завода АО «Смоленское» и другими племенными хозяйствами, использовали индекс генетического сходства, рассчитанный по частоте встречаемости аллелей ЕАВ-локуса групп крови. Степень генетического сходства между сравниваемыми группами значительно выше в случае, если число общих аллелей больше, и они чаще встречаются.

Индексы генетического сходства между животными АО «Смоленское» и других племенных хозяйств области по периодам исследования приведены в таблице 3.

Индексы генетического сходства между животными хозяйств варьировали в разные периоды от 0,632 до 0,884. Отмечены незначительные генетические различия между животными АО «Смоленское» и племенных хозяйств за период 2011–2015 годов, индексы генетического сходства – 0,820...0,880. За 2016–2020 годы по генетической структуре аллелей ЕАВ-локуса коэффициенты сходства составили 0,632...0,884, что свидетельствует о специфичности аллелофонда хозяйства в этот период. Наибольшие различия отмечены с племенным репродуктором «Восток».

По сравнению с генофондом породы, различия в стаде АО «Смоленское» мало значимы, индексы генетического сходства – 0,790...0,855.

Особое значение в селекции уделяют племенной ценности быков-производителей. Ее возможно проводить с учетом расщепления наследственных факторов в ЕАВ-локусе. Использование маркерных ЕАВ-аллелей групп крови предоставляет возможность выявить и определить их влияние на продуктивные признаки у потомства.

Установили типы крови первотелок-дочерей восьми быков и изучили влияние альтернативных, маркированных ЕАВ-аллелями отцовских наследственных факторов на их молочную продуктивность. Оценивали животных с достоверным происхождением. Расщепление генотипов гетерозиготных по маркерным ЕАВ-аллелям быков-производителей прослеживали по альтернативным, переданным дочерям аллелям, по которым учитывали продуктивность дочерей-полусестер.

Результаты анализа молочной продуктивности гетерозиготных по аллелям ЕАВ-локуса групп кро-

ви быков приведены в таблицах 4, 5. Данные исследований показали, что влияние генотипа быка, имеющего разные альтернативные аллели ЕАВ-локуса групп крови на молочную продуктивность дочерей неравноценно. Разница в молочной продуктивности дочерей быков в пользу того или иного преферентного аллеля составила по первой лактации: удой – 61...1403 кг, содержание в молоке жира – 0,01...0,13%, белка – до 0,06%. По максимальной лактации различия в удое – 26...1269 кг молока, жира – 0,01...0,19%, белка – 0,01...0,08%.

От дочерей быка Налив 6791 с альтернативным аллелем $G_2Y_2E_1Q'$ по первой лактации получено

Таблица 3.
Индекс генетического сходства между животными племенных хозяйств за годы исследования

Хозяйство	2006–2010		2011–2015		2016–2020	
	п	Смоленское n=187	п	Смоленское n=235	п	Смоленское n=99
Агрис	238	0,778	–	–	–	–
Рассвет	229	0,810	1080	0,820	–	–
Восток	156	0,769	407	0,880	82	0,632
Колосок	267	0,798	256	0,878	207	0,762
Рыбки	487	0,795	635	0,879	414	0,884
Урицкого	659	0,809	905	0,842	467	0,787
По породе	2223	0,790	3518	0,855	1269	0,796

Таблица 4.
Молочная продуктивность дочерей быков с альтернативными аллелями по первой лактации

Кличка и номер быка	Аллель дочери	п	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Клеманс 127007	Y_1A_1	18	4946±161	3,92±0,03	3,22±0,03
	G_1A_1	21	5186±242	3,91±0,03	3,21±0,02
Рикобар 66217	Разница		240	0,01	0,01
	$G_2Y_2E_1Q'$	32	5982±162	4,14±0,03	3,32±0,02
	E_3G'	27	5782±165	4,11±0,04	3,31±0,01
Хит 6743	Разница		200	0,03	0,01
	Y_1A_1	19	5166±219	3,95±0,03	3,23±0,03
	B_1O_1	18	4698±154	3,94±0,03	3,23±0,02
Экран 6732	Разница		468	0,01	0,0
	$G_2Y_2E_1Q'$	10	5352±350	3,86±0,03	3,23±0,02
	I_2	13	5291±232	3,83±0,03	3,23±0,02
Фазан 6772	Разница		61	0,03	0
	G_2Y_1D'	10	5737±337	3,93±0,01	3,36±0,03
	Q'	15	5274±246	4,03±0,05	3,34±0,02
Пан 6778	Разница		463	0,1*	0,02
	b	25	5239±184	4,12±0,05	3,25±0,02
	$G_2Y_2E_1Q'$	7	6642±585	4,02±0,07	3,30±0,05
Налив 6791	Разница		1403*	0,1($t_0 = 1,2$)	0,05
	$G_2O_1T_1A_1E_3F_2K/G''$	7	5359±336	4,17±0,08	3,25±0,03
	$G_2Y_2E_1Q'$	15	5957±275	4,19±0,05	3,29±0,04
Раптайт 6802	Разница		598	0,02	0,04
	$BG_2T_2Y_2A_1B'D/G'IQ'Y/B''$	9	5471±340	4,14±0,12	3,25±0,05
	$B_2G_2O_1Y_2D/E_2G''_2$	16	5857±270	4,27±0,06	3,31±0,03
	Разница		386	0,13	0,06

Примечание. * $p \leq 0,05$.

5957 кг молока с содержанием жира – 4,19%, белка – 3,29%, на 598 кг молока, 0,02% жира и 0,04% белка больше, чем у дочерей с ЕАВ-аллелем $G_3O_1T_1A_1E_3F_2K/G_2$. Аналогичные результаты отмечены у дочерей по максимальной лактации: количество молока превышает на 695 кг, содержание жира – 0,19%, белка – 0,06%. Но различия по этим показателям недостоверны.

Бык Пан 6778 передавал желательные наследственные факторы в сцеплении с маркерным аллелем ЕАВ-локуса $G_2Y_2E_1Q'$. Перволетки в генотипе которых был указанный ЕАВ-аллель имели удой 6642 кг, что на 1403 кг выше, чем у дочерей с ЕАВ-аллелем *b* ($p \leq 0,05$). По максимальной лактации у полусестер с этим маркерным аллелем удой составил 6830 кг. Это на 1269 кг больше удоя дочерей с альтернативным ЕАВ-аллелем *b* ($p \leq 0,01$).

Дочери быка Хит 6743, наследовавшие альтернативный ЕАВ-аллель Y_1A_1' , показывают по первой лактации молочную продуктивность на 468 кг больше, по сравнению с сестрами, унаследовавшими от отца другой аллель ЕАВ-локуса V_1O_1 . По максимальной лактации у потомков с аллелем Y_1A_1' удой выше на 320 кг, содержание жира – 0,14% ($p \leq 0,01$).

От дочерей быка Раптайт 6802 с аллелем ЕАВ-локуса групп крови $V_2 \pm G_2O_1Y_2D/E_2G_2$ по первой лактации получили 5857 кг молока при высоком содержании жира – 4,27 и белка – 3,31%. Удой дочерей этого производителя с ЕАВ-аллелем $V_2G_2T_2Y_2A_1B/D/G_1Q/Y_1B'$ был ниже на 386 кг молока, содержание жира и белка – 0,13 и 0,06% соответственно. По максимальной лактации у дочерей с ЕАВ-аллелем $V_2 \pm G_2O_1Y_2D/E_2G_2$ удой больше на 451 кг молока, содержание жира – 0,18, белка – 0,04%. Разница в показателях недостоверна.

Содержание жира в молоке дочерей быка Фазан 6772 с ЕАВ-аллелем Q' – 4,03%. Это достоверно выше ($p \leq 0,05$), чем у дочерей с ЕАВ-аллелем G_2Y_1D' . Аналогичная разница отмечена по максимальной лактации, она составляет 0,12%, но недостоверна ($t_d = 1,7$).

Расщепление отцовских генотипов у других быков оказывает сравнительно небольшое влияние на продуктивность дочерей за максимальную лактацию.

В племенных хозяйствах при отборе ремонтных бычков учитывают результаты по оценке быков-производителей с учетом молочной продуктивности дочерей, унаследовавших альтернативные ЕАВ аллели групп крови отца, что сохраняет желательные гены родителей в потомстве.

Таким образом, по маркерным аллелям ЕАВ-локуса групп крови установили генетическую структуру сычевской породы в стаде АО «Смоленское», с помощью мониторинга ЕАВ-аллелей с периодичностью в пять лет выявили изменения в генетической структуре стада и определили высокое сходство животных хозяйства и племенных стад области. Оценка быков-производителей по альтернативным ЕАВ-аллелям помогла установить разницу в молочной продуктивности их дочерей в пользу того или иного преферентного аллеля. Хозяйству рекомендовано обратить внимание на возрастание однородности в стаде по маркерным ЕАВ-аллелям. Уровень гомозиготности за 15 лет повысился более чем на 1%.

Таблица 5.
Молочная продуктивность дочерей быков с альтернативными аллелями по максимальной лактации

Кличка и номер быка	Аллель дочери	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Клеманс 127007	Y_1A_1'	18	6633±251	3,94±0,02	3,24±0,02
	G_1A_1'	21	7248±254	3,96±0,03	3,23±0,02
	Разница		615	0,02	0,01
Рикобар 66217	$G_2Y_2E_1Q'$	32	7637±238	4,26±0,04	3,32±0,01
	E_3G'	27	7611±197	4,20±0,03	3,29±0,02
	Разница		26	0,06	0,03
Хит 6743	Y_1A_1'	19	6575±265	4,01±0,04	3,28±0,03
	V_1O_1	18	6255±246	3,87±0,02	3,26±0,02
	Разница		320	0,14**	0,02
Экран 6732	$G_2Y_2E_1Q'$	10	7305±409	4,00±0,05	3,31±0,02
	I_2	13	7368±341	4,1±0,06	3,28±0,03
	Разница		63	0,1($t_d = 1,3$)	0,03
Фазан 6772	G_2Y_1D'	10	7045±297	4,05±0,05	3,32±0,04
	Q'	15	6795±398	4,17±0,05	3,33±0,02
	Разница		250	0,12($t_d = 1,7$)	0,01
Пан 6778	<i>b</i>	25	5561±197	4,09±0,05	3,25±0,03
	$G_2Y_2E_1Q'$	7	6830±514	4,10±0,06	3,33±0,06
	Разница		1269**	0,01	0,08
Налив 6791	$G_2O_1T_1A_1E_3F_2K/G_2$	7	6041±426	4,01±0,07	3,21±0,03
	$G_2Y_2E_1Q'$	15	6736±347	4,2±0,07	3,27±0,03
	Разница		695	0,19($t_d = 1,9$)	0,06
Раптайт 6802	$BG_2T_2Y_2A_1B/D/G_1Q'Y_1B'$	9	5948±348	4,03±0,11	3,19±0,04
	$V_2G_2O_1Y_2D/E_2G_2$	16	6399±359	4,21±0,07	3,23±0,03
	Разница		451	0,18($t_d = 1,4$)	0,04

Примечание. ** $p \leq 0,01$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н., Романов Ю.Д. и др. Генетический контроль селекционных процессов в популяции бурого швицкого скота с использованием маркерных генов групп крови. // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 4. С. 17–20.
2. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Генетическая характеристика сычевской породы крупного рогатого скота по маркерным генам групп крови // Мат. Межд. науч.-практ. конф., (8–11 октября 2018 г., п. Дубровицы) «Современное состояние и перспективы совершенствования симментальской породы»/ ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 2018. С. 33–39.
3. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Аллели ЕАВ-локуса групп крови в селекции крупного рогатого скота по продуктивности // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 1 (18). С. 10–13.
4. Животовский Л.А., Машуров А.М. Методические рекомендации по статистическому анализу иммуногенетических данных для использования в селекции животных. Дубровицы, 1974. 30 с.
5. Зиновьева Н.А., Сермягин А.А., Доцев А.В. и др. Генетические ресурсы животных: Развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота – миниобзор // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 4. С. 631–641.
6. Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е., Багиров В.А. и др. Эффективность мониторинга групп крови на этапах се-

- лекции сычевской породы крупного рогатого скота в Смоленской области // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 44–46.
7. Кривошеев Д.М., Сермягин А.А., Доцев А.В., Зиновьева Н.А. Современное состояние аллелофонда черно-пестрой, ярославской и холмогорской пород скота в Вологодской области // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 8. С. 3–9.
 8. Марзанова Л.К., Попов Н.А. Контроль за генетической изменчивостью в стадах молочных пород // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 1–18.
 9. Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве. М.: Колос, 1977. 239 с.
 10. Модоров М.В., Ткаченко И.В., Грин А.А. и др. Генетическая структура популяции голштиinizированного черно-пестрого скота на территории Урала // Генетика. 2021. Т. 57. № 4. С. 437–444.
 11. Попов Н.А., Марзанова Л.К. Аллелофонд красно-пестрой породы по EAV-локусу // Зоотехния. 2015. № 8. С. 2–5.
 12. Попов Н.А., Марзанова Л.К. Генетический мониторинг крупного рогатого скота черно – пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 4. С. 9–13.
 13. Рыжова Н.Г. Аллелофонд красно-пестрой породы по EAV-локусу групп крови в хозяйствах Мордовии // Зоотехния. 2018. № 2. С. 10–11.
 14. Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы, 1974. 40 с.
 3. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N., Gontov M.E. Alleli EAV-lokusa grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota po produktivnosti // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2018. № 1 (18). S. 10–13.
 4. Zhivotovskij L.A., Mashurov A.M. Metodicheskie rekomendacii po statisticheskomu analizu immunogeneticheskikh dannyh dlya ispol'zovaniya v selekcii zhivotnyh. Dubrovicy, 1974. 30 s.
 5. Zinov'eva N.A., Sermyagin A.A., Docev A.V. i dr. Geneticheskie resursy zhivotnyh: Razvitie issledovanij allelofonda rossijskikh porod krupnogo rogatogo skota – miniobzor // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. T. 54. № 4. S. 631–641.
 6. Kol'cov D.N., Gontov M.E., Bagirov V.A. i dr. Effektivnost' monitoringa grupp krovi na etapah selekcii sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota v Smolenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki AПК. 2015. T.29. № 9. S. 44–46.
 7. Krivosheev D.M., Sermyagin A.A., Docev A.V., Zinov'eva N.A. Sovremennoe sostoyanie allelofonda cherno-pyostroj, yarovskoj i holmogorskoj porod skota v Vologodskoj oblasti // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2019. № 8. S. 3–9.
 8. 8.Marzanova L.K., Popov N.A. Kontrol' za geneticheskoy izmenchivost'yu v stadah molochnyh porod // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 8. S. 1–18.
 9. Merkur'eva E.K. Geneticheskie osnovy selekcii v skotovodstve. M.: Kolos, 1977. 239 s.
 10. Modorov M.V., Tkachenko I.V., Grin A.A. i dr. Geneticheskaya struktura populyacii golshtinizirovannogo cherno-pestrogo skota na territorii Urala // Genetika. 2021. T. 57. № 4. S. 437–444.
 11. Popov N.A., Marzanova L.K. Allelofond krasno-pestroj porod po EAV-lokusu // Zootekhniya. 2015. № 8. S. 2–5.
 12. Popov N.A., Marzanova L.K. Geneticheskij monitoring krupnogo rogatogo skota cherno – pestroj porod // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2016. № 4. S. 9–13.
 13. Ryzhova N.G. Allelofond krasno-pestroj porod po EAV-lokusu grupp krovi v hozyajstvah Mordovii // Zootekhniya. 2018. № 2. S. 10–11.
 14. Sorokovoj P.F. Metodicheskie rekomendacii po issledovaniyu i ispol'zovaniyu grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota. Dubrovicy, 1974. 40 s.

REFERENCES

*Поступила в редакцию 24.03.2023
Принята к публикации 07.04.2023*

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ВСТРЕЧАЕМОСТИ МАСТЕЙ И ОТМЕТИН У ЛОШАДЕЙ ВЯТСКОЙ ПОРОДЫ

Наталья Феликсовна Белоусова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0003-0515-0123

Светлана Петровна Басс², кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0003-3979-1279

Сергей Иванович Сорокин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-0012-413X

Анна Николаевна Гуляева², аспирант, ORCID: 0000-0002-0725-8800

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», п. Дивово, Рязанская обл., Россия

²ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», г. Ижевск, Россия

E-mail: natfb@yandex.ru

Аннотация. Вятская — ценная малочисленная аборигенная порода лошадей. Изучение вопроса детерминации мастей имеет существенное практическое значение в селекции. Это особенно актуально для малочисленных пород. Цель исследований — мониторинг масти и отметин, как важных генетических маркеров, влияющих на сохранение генофонда вятской породы. Задачи: оценить структуру мастей в микроэволюционном аспекте, влияние генов *TBX3* и *W20*, детерминирующих желательные «дикие» отметины и нежелательные белые и изучить полиморфизм генов *MC1R* и *ASIP*, обуславливающих базовые масти, генов-«осветлителей» *TBX3* и *MATP*, отвечающих за желательные в породе масти. Выделение ДНК из волосных луковиц вятских лошадей ($n = 86$) проводили в лаборатории «ХорсГен» (Москва) с помощью «ExtraGene DNA Prep» («Изоген», Москва). Идентификацию однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) осуществляли методом аллель-специфической ПЦР. Расчеты выполняли в MS Excel 10. Преобладающие масти в вятской породе — гнедо-саврасая (56,9%) и мышастая (31,7%). Коммерческий интерес представляют масти, обусловленные генами *Dun*+*Cream* (3,2%). Встречаемость генотипа *D/D* в вятской породе невелика (0,167), поэтому в породе отмечены не саврасые масти (5,2%). Выявлены все генотипы *TBX3* с преобладанием *D/nd1* (0,405). Взаимосвязь между геном *TBX3* и белыми отметинами не обнаружена, а с оттенком масти и «дикими» отметинами идентифицирована. Генотип *D/nd1* чаще встречается у лошадей среднего (0,440) и светлого (0,714) оттенка, у более темных — *D/nd2* (0,455). Выраженные «дикие» отметины преобладают у лошадей с генотипом *D/nd1* (0,539), их отсутствие выявлено только у особей с *D/nd2*. Генотип *MC1R/EE* преобладает у лошадей без белых отметин (0,612) и имеющих не крупные отметины (0,500). Встречаемость аллеля *W20* невелика (0,146) и влияет на величину белых отметин: наименьшая — у животных без отметин, наибольшая — с крупными отметинами. Поскольку масть важный генетический маркер и признак селекции, необходимо генотипирование племенных жеребцов и конематок по набору генов, ассоциированных с мастями и отметинами.

Ключевые слова: вятская порода лошадей, масти лошадей, отметины лошадей, генотипирование, генетическая детерминация

EVALUATION OF GENETIC MARKERS IN THE ANALYSIS OF THE COLORS AND MARKS OCCURRENCE IN THE VYATKA BREED HORSES

N.F. Belousova¹, PhD in Agricultural Sciences

S.P. Bass², PhD in Agricultural Sciences

S.I. Sorokin¹, PhD in Agricultural Sciences

A.N. Gulyaeva², PhD Student

¹FSBSI “All-Russian Research Institute of Horse Breeding”, Ryazan region, Divovo village, Russia

²Federal State Budget Education Institution for Higher Education “Udmurt state agricultural university”, Izhevsk, Russia

E-mail: natfb@yandex.ru

Abstract. Vyatka breed is a valuable small native breed of horses. The study of the determination of suits is of significant practical importance in breeding. This is especially true for small breeds. The purpose of the research is to monitor the color and markings as important genetic markers of preservation the Vyatka breed gene pool. To meet the objective, the following tasks were set: to evaluate the structure of suits in a microevolutionary aspect and to study the polymorphism of the *MC1R* and *ASIP* genes, determine the basic suits, the “lightening” genes *TBX3* and *MATP*, determining the desired suits in the breed, as well as to evaluate the influence of the *TBX3* and *W20* genes, giving the desirable “wild” markings and undesirable whites. The object of the study is Vyatka horses born in 1975–2022 ($n = 2949$) registered in the breed database. DNA extraction from hair follicles of Vyatka horses ($n = 86$) was carried out in the “Hors-Gen” laboratory (Moscow) using “ExtraGene DNA Prep” (“Isogen”, Moscow). Single nucleotide polymorphisms (SNPs) were identified by allele-specific PCR. The calculations were performed using MS Excel 10. Prevailing colors in the Vyatka breed — dun (56.9%) and grullo (31.7%). Of commercial interest are the colors determined by the *Dun* + *Cream* genes (3.2%). The occurrence of the *D/D* genotype in the Vyatka breed is low (0.167), so there are non-dun colors (5,2%). All *TBX3* genotypes were identified with a predominance of *D/nd1* (0.405). The relationship between the *TBX3* gene and white markings has not been found, but with a shade of color and “wild” markings, it has been identified. The *D/nd1* genotype is more common in medium (0.440) and light (0.714) horses, with *D/nd2* (0.455)

* Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации согласно тематическому плану ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (тема № 122020300065-3) / The work was supported of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation according to the thematic plan of the Izhevsk State Agriculture Academy (project 122020300065-3).

predominating in darker individuals. Noticeable “wild” markings prevail in horses with the D/nd1 genotype (0.539), their absence was found only in species with D/nd2. The MC1R/EE genotype is predominant in horses without white markings (0.612) and those with small markings (0.500). The occurrence of the W20 allele in Vyatka breed is low (0.146) and affects the size of white marks: the lowest was noted in animals without marks, the highest – with large marks. Since the color is an important genetic marker and selection trait, genotyping of breeding stallions and mares for the set of genes associated with the colors and markings is important.

Keywords: Vyatka breed of horses, colors of horses, horse marks, genotyping, genetic determination

Масть лошади не только идентификационный признак, но один из ключевых показателей селекции заводских и аборигенных пород. Большое значение имеет изучение вопроса наследования мастей. [9, 13–15] Российские ученые начали внедрять технологии геномного анализа при проведении фундаментальных исследований для улучшения селекции отечественных пород лошадей. Изучают маркеры, ассоциированные с хозяйственно полезными признаками, к которым относится масть. [1–6, 10]

Вятская порода лошадей по зоотехнической классификации – аборигенная северного лесного типа. На современном этапе численность поголовья подвергается значительному сокращению, однако в породе сформирована четкая линейная структура, что позволяет вести селекцию на формирование определенного типа. [8] Популяция лошадей вятской породы – носительница диких аборигенных мастей и отметин, при этом белые отметины нежелательны. [2, 10] Желательная масть обусловлена геном *TBX3 (Dun)*, вызывающим снижение интенсивности пигментации волосяного покрова. Саврасая масть позволяет маскироваться на фоне природных ландшафтов. Для аборигенных лошадей действие генотипов *nd1/nd1* и *nd1/nd2* допускает наличие «диких» отметин, у лошадей с генотипом *nd2/nd2* они отсутствуют. [12] На наличие белых отметин влияет ген *W20* и рецессивные аллели гена *Extension (MC1R)*. [7, 11]

Цель работы – исследовать частоту встречаемости генотипов *TBX3 (Dun)*, *MC1R (Extension)*, *ASIP (Agouty)* и *MATP (Cream)* у вятских лошадей разных мастей, а также влияние частоты встречаемости генотипов *MC1R* и аллеля *W20* на размер белых отметин (у лошадей российских пород изучается впервые).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Состояние популяций в породе по мастям и наличию отметин оценивали на основании визуального осмотра лошадей по общепринятой в коневодстве методике. Объект исследования – лошади вятской породы 1975–2022 годов рождения ($n = 2949$). Материалом для статистического анализа мастей в микроэволюционном аспекте стала база данных лошадей вятской породы. Выделение ДНК из волосяных луковиц животных ($n = 86$) проводили на базе независимой исследовательской лаборатории ХорсГен (Москва) с помощью набора ExtraGene DNA Prep, производство Изоген (Москва). Идентификацию однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) осуществляли методом аллель-специфической ПЦР. Обозначения аллельных вариантов исследованных генов *MC1R* и *ASIP* соответствовали леноменклатуре: E – доминантный аллель дикого типа, e – рецессив-

ный (мутантный) аллель *MC1R*; A – доминантный аллель дикого типа, a – рецессивный (мутантный) аллель *ASIP*. [14] Статистические расчеты выполняли с помощью программы MS Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Желательные селекционируемые масти у лошадей вятской породы – гнедо-саврасая, мышастая, кауряя, булано-саврасая. Сравнительная характеристика соотношения мастей в микроэволюционном аспекте показала, что самая распространенная – гнедо-саврасая (табл. 1).

До 2011 года рождалось более 70% лошадей гнедо-саврасой масти (с 2001–2011 годы – 78,1%). Среди животных 2012–2022 годов рождения ее доля снизилась до 56,9%. В то же время частота встречаемости мышастой масти в структуре поголовья стабильно возрастала и по сравнению с начальным периодом увеличилась почти в десять раз, достигнув 31,7%. Доля каурой масти в течение всех периодов была не более 5%, а в текущий составляет всего 3,0%. Встречаемость основных желательных мастей, обусловленных геном дикого типа *TBX3 (Dun)* (гнедо-саврасая, мышастая, кауряя), возросла до 91,6%.

В последние годы наибольший коммерческий интерес представляют масти с сочетанием генов *Dun* и *Cream*: булано-саврасая и редкие изабеллово- и солово-саврасые. Общая доля таких лошадей

Таблица 1.
Характеристика основных мастей лошадей вятской породы в микроэволюционном аспекте

Масть	Год рождения							
	1976–1989		1990–2000		2001–2011		2012–2022	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Обусловлена геном <i>Dun</i>	84	77,8	326	83,8	915	94,8	1362	91,6
Гнедо-саврасая	75	69,4	296	76,1	754	78,1	847	56,9
Мышастая	4	3,8	24	6,2	140	14,5	471	31,7
Кауряя	5	4,6	6	1,5	21	2,2	44	3,0
Обусловлена генами <i>Dun+Cream</i>	6	5,5	11	2,8	15	1,6	48	3,2
Булано-саврасая	6	5,5	7	1,8	13	1,4	44	3,0
Солово-саврасая	–	–	4	1,0	1	0,1	2	0,1
Изабеллово-саврасая	–	–	–	–	1	0,1	2	0,1
Не саврасая	18	16,7	52	13,4	35	3,6	77	5,2
Гнедая	9	8,3	29	7,5	11	1,1	35	2,4
Вороная	2	1,9	2	0,5	8	0,8	29	1,9
Рыжая	4	3,7	15	3,9	11	1,1	10	0,7
Буланая	–	–	2	0,5	1	0,1	1	0,1
Караковая	1	0,9	2	0,5	3	0,3	2	0,1
Бурая	2	1,9	2	0,5	1	0,1	–	–
Всего голов	108	100	389	100	965	100	1487	100

в структуре вятской породы 3,2%. Количество животных булано-саврасой масти в первый анализируемый период — 5,5%, но в современной популяции сократилось до 2,9%. Всего зарегистрированы три лошади вятской породы изабеллово-саврасой масти с 2001 по 2011 год и семь солово-саврасой (1990–2000). Для увеличения доли популярных оригинальных мастей мы апробируем в селекционном процессе результаты генетической детерминации масти. Рождение в 2021 году двух жеребят солово-саврасой масти — следствие нашего целенаправленного подбора с учетом результатов генотипирования изабеллово-саврасого жеребца-производителя (генотип — *Ee/Aa/Dnd1/CrCr* (perlino)) с кобылами мышастой масти, имеющими в генотипе рецессивный аллель *MC1R/e*. Попыты по получению жеребят самой редкой изабеллово-саврасой масти не дали желаемого результата. От булано-саврасого жеребца *EE/Aa/DD/Cr* и булано-саврасой кобылы *EE/AA/Dnd1/Cr* родились два булано-саврасых жеребенка и один гнедо-саврасый, от этого же жеребца и кобылы дымчатой мышастой масти *Ee/aa/Dnd2/Cr* родились мышастый, гнедо-саврасый и булано-саврасый жеребята, от жеребца perlino *Ee/Aa/Dnd1/CrCr* и кобылы *Ee/aa/Dd2/Cr* — булано-саврасый.

Рождение вятских лошадей, имеющих простые базовые масти (вороная, гнедая, рыжая, караковая, бурая), — не характерный признак для породы. В результате селекции на фенотипическое присутствие саврасости доля не саврасых представителей породы сократилась более чем в два раза, составив всего 5,2%. По соотношению мастей, не обусловленных геном *Dun*, выявлена та же тенденция снижения доли гнедых лошадей относительно вороных.

Из-за наличия в породе не саврасых мастей представляет интерес исследование частоты встречаемости генотипов *TBX3* по сравнению с базовыми *MC1R*, *ASIP* и *MATP* (табл. 2).

В вятской породе обнаружены все генотипы *TBX3*, наиболее часто встречается *D/nd1* (0,405), реже — *D/D* (0,167). Среди лошадей гнедо-саврасой и булано-саврасой мастей выявлены все четыре генотипа базовой гнедой, из которых наибольшая частота встречаемости у *EE/Aa* — 0,423 и 0,545 соответственно. Среди поголовья мышастых лошадей выявлено равное соотношение обоих генотипов. По результатам генотипирования четыре лошади имели дымчатую мышастую масть, ассоциированную геном *Cream*. Оказалось, что одновременное действие аллелей *D* и *Cr* на базовую вороную делает почти не-

Таблица 2.
Частота встречаемости генотипов *TBX3* у вятских лошадей различных мастей по сравнению с базовыми *MC1R*, *ASIP* и *MATP*

Масть, генотип	n	P	D/D	D/nd1	D/d2	nd1/nd1	nd1/nd2	nd2/nd2
Гнедо-саврасая всего, в том числе:	26		0,192	0,423	0,385	—	—	—
<i>E/E, A/A</i>	6	0,231	—	0,167	0,833	—	—	—
<i>E/E, A/a</i>	11	0,423	0,182	0,454	0,364	—	—	—
<i>E/e, A/A</i>	4	0,154	0,500	0,250	0,250	—	—	—
<i>E/e, A/a</i>	5	0,192	0,200	0,800	—	—	—	—
Мышастая всего, в том числе:	29		0,104	0,517	0,379	—	—	—
<i>E/E, a/a</i>	14	0,500	0,214	0,357	0,429	—	—	—
<i>E/e, a/a</i>	14	0,500	—	0,714	0,286	—	—	—
Каурая всего, в том числе:	4	0,138	1,000	—	—	—	—	—
<i>e/e, a/a</i>	4	0,138	1,000	—	—	—	—	—
Булано-саврасая всего, в том числе:	11		0,091	0,636	0,273	—	—	—
<i>E/E, A/A, Cr/n</i>	2	0,182	—	0,500	0,500	—	—	—
<i>E/E, A/a, Cr/n</i>	6	0,545	0,167	0,500	0,333	—	—	—
<i>E/e, A/A, Cr/n</i>	1	0,091	—	1,000	—	—	—	—
<i>E/e, A/a, Cr/n</i>	2	0,182	—	1,000	—	—	—	—
Пепельно-мышастая всего, в том числе:	4		0,250	—	0,750	—	—	—
<i>E/E, a/a, Cr/n</i>	1	0,333	—	—	1,000	—	—	—
<i>E/e, a/a, Cr/n</i>	3	0,667	0,333	—	0,667	—	—	—
Изабеллово-саврасая всего, в том числе:	1		—	1,000	—	—	—	—
<i>E/e, A/a, Cr/Cr</i>	1	1,000	—	1,000	—	—	—	—
Гнедая всего, в том числе:	4		—	—	—	0,250	0,250	0,500
<i>E/E, A/A</i>	3	0,750	—	—	—	0,333	—	0,667
<i>E/E, A/a</i>	1	0,250	—	—	—	—	1,000	—
Вороная всего, в том числе:	4		—	—	—	—	0,500	0,500
<i>E/E, a/a</i>	3	0,750	—	—	—	—	0,667	0,333
<i>E/e, a/a</i>	1	0,250	—	—	—	—	—	1,000
Буланая всего, в том числе;	2		—	—	—	—	1,000	—
<i>E/E, A/A</i>	1	0,500	—	—	—	—	1,000	—
<i>E/E, A/a</i>	1	0,500	—	—	—	—	1,000	—
ИТОГО	84		15	34	25	1	5	4
Среднее			0,167	0,405	0,310	0,012	0,058	0,048

возможной фенотипическую идентификацию масти их носителя. Две лошади с генотипом *Ee/aa/Dnd2/Cr* и одна с *Ee/aa/DD/Cr* были документально зарегистрированы булано-саврасыми (фенотипно имели очень светлый, почти белый оттенок булано-саврасой масти с незначительным кремоватым оттенком лицевой части головы), одна лошадь с генотипом *Ee/aa/Dnd2/Cr* – светло-мышастой, визуализировалась этой же масти.

Генотипирование выявило ошибки в идентификации масти отдельных лошадей, имеющих генотипы *nd1/nd1* и *nd1/nd2*. У них почти не было осветления основной масти, которое обуславливается доминантным аллелем *D*, но присутствовали «дикие» отметины, включая «ремень» на спине. Носители данного генотипа были отнесены к темно-саврасым и темно-мышастым.

У всех четырех типированных кобыл, имеющих редкую каурюю масть, обнаружен идентичный генотип *ee/aa/DD*, отвечающий за рождение у них саврасых жеребят от жеребцов любой масти. Несмотря на наличие гомозиготного доминантного генотипа по гену *TBX3*, три каурьи лошади из четырех исследованных были выведены из производящего состава из-за наличия белых отметин, признанных недостатком в аборигенной *вятской* породе.

Нами была исследована взаимосвязь между частотой встречаемости генотипов *MC1* и *W20* с наличием и величиной белых отметин (табл. 3).

Среди лошадей без белых отметин и имеющих некрупные отметины, выявлена наибольшая частота встречаемости доминантного гомозиготного генотипа *E/E* с показателем 0,612 и 0,500 соответственно. В числе животных без белых отметин не обнаружено особей с рецессивным гомозиготным генотипом *e/e*, обуславливающим каурюю масть, у лошадей с некрупными отметинами данный генотип встречался редко (0,107). Среди лошадей, имеющих крупные отметины, присутствие генотипа *E/E* – 0,750. На величину белых отметин влияет частота встречаемости аллеля *W20*: наименьший показатель выявлен у животных без отметин (0,091), наибольший (0,400) у лошадей с крупными белыми отметинами. Частота встречаемости аллеля *W20* у исследованных *вятских* лошадей невелика (0,146), гомозиготных особей *W20/W20* среди типированного поголовья не найдено.

Отличительная экстерьерная особенность аборигенных лошадей – наличие «диких» отметин (саврасость). К ним относятся темный «ремень» вдоль позвоночника, зеброидность на конечностях, «маска» на голове, то есть потемнения, окантовка на ушах, «иней» в гриве, «налеты» на холке, шее, плечах, ventральная полоса на животе, «застежка-молния» на задней поверхности пясти в виде осветленного волоса. Не всегда данные признаки размещены в такой совокупности на одной лошади. Обязательный атрибут саврасости – «ремень», остальные дополнительные «дикие» отметины, придающие особую нарядность, считаются желательными признаками селекции, поэтому их генетическая обусловленность представляет интерес для селекционно-племенной работы с *вятской* породой (табл. 4).

Частота встречаемости генотипа *D/nd1* преобладает у лошадей среднего (0,440) и светлого (0,714)

Таблица 3.
Влияние частоты встречаемости генотипов *MC1R* (*Extension*) и аллеля *W20* на наличие и размер белых отметин у лошадей *вятской* породы

Наличие и размер белых отметин	Генотип <i>MC1R</i> (<i>Extension</i>)				Аллель <i>W20</i>	
	n	E/E	E/e	e/e	n	p
Без отметин	49	0,612	0,388	–	22	0,091
Некрупные	28	0,500	0,393	0,107	15	0,133
Крупные	8	0,750	0,125	0,125	5	0,400
Всего	85	0,588	0,365	0,047	42	0,146

Таблица 4.
Влияние частоты встречаемости генотипов *TBX3* (*Dun*) на степень осветления масти и наличия «диких» и белых отметин у лошадей *вятской* породы

Оттенок масти и отметины	n	D/D	D/nd1	D/nd2	nd1/nd1	nd1/nd2	nd2/nd2
Оттенок масти							
«Классический» (средний)	50	0,300	0,440	0,260	–	–	–
Темный (ближе к темному)	22	–	0,091	0,455	0,045	0,227	0,182
Светлый (ближе к светлому)	14	–	0,714	0,286	–	–	–
Выраженность «диких» отметин (кроме «ремня»)							
Яркая	39	0,179	0,539	0,282	–	–	–
Средняя	21	0,286	0,286	0,381	–	0,047	–
Слабая	15	0,133	0,467	0,333	0,067	–	–
Отсутствует	11	–	–	0,272	–	0,364	0,364
Белые отметины							
Отсутствуют	50	0,120	0,400	0,320	0,020	0,080	0,060
Незначительные	28	0,214	0,357	0,357	–	0,036	0,036
Крупные	8	0,375	0,500	0,125	–	–	–

оттенка саврасой масти, у более темных – *D/nd2* (0,455). Ярко выраженные «дикие» отметины часто встречаются у лошадей с генотипом *D/nd1* (0,539), их отсутствие выявлено у особей с генотипом *D/nd2*, а также *D/D* и *D/nd*. У всех животных с рецессивными генотипами *nd1/nd1* и *nd1/nd2* в разной степени был визуализирован «ремень». По одному представителю данных генотипов имели незначительные «налеты» в области шеи, холки и лопатки. Взаимосвязь между геном *TBX3* и белыми отметинами не обнаружена.

Вятская порода отличается большим разнообразием мастей, желательные детерминированы доминантным аллелем *D* гена дикого типа *TBX3*, обуславливающего осветление оттенка базовой масти и «дикие» отметины. На основных генотипах генов *MC1R* и *ASIP*, детерминирующих пигментацию кожи и волос и отвечающих за базовые масти, *TBX3* и *MATP* формируют желательные: гнедо-саврасую, мышастую, каурюю, булано-саврасую разных оттенков, а также редкие солово- и изабеллово-саврасые. Оттенки саврасой масти в *вятской* породе при этом фенотипически отражают широкую цветовую палитру – от светло-бежевого или светло-серого, почти белого цвета до темно-коричневого и темно-серого, почти черного. Геноти-

пическое мастное разнообразие породы включает все генотипы базовой гнедой (*EE/A/A*, *EE/Aa*, *Ee/AA*, *Ee/Aa*) и вороной (*EE/aa*, *Ee/aa*) мастей, один генотип рыжей (*ee/aa*), все известные генотипы гена-осветлителя дикого типа *TBX3* (*D/D*, *D/nd1*, *D/nd2*, *nd1/nd1*, *nd1/nd2*, *nd2/nd2*), а также дополнительный ген *MATP*, представленный в породе как одной, так и двумя копиями доминантного аллеля *Cr*. Масти, обусловленные другими генами, включая определяемые примесью белого волоса (серая, чалая, пегая, чубарая, серебристая), у чистопородных *вятских* лошадей не встречаются.

В результате селекции на фенотипическое присутствие саврасости совокупная доля основных желательных мастей с доминантным аллелем *Dun* (гнедо-саврасая, мышастая, каурая) возросла до 91,8% на фоне сокращения более чем в два раза доли несаврасых (вороняя, гнедая, рыжая, караковая, бурая). При этом частота встречаемости гомозиготного генотипа *D/D* (0,167) относительно невелика для породы, у которой желательные масти обусловлены доминантным аллелем *D*, что стало следствием наличия нежелательных не саврасых мастей.

Очень мала доля наиболее востребованных мастей, в генотипе которых присутствует сочетание генов *Dun* + *Cream* (булано-саврасая, изабеллово-и солово-саврасые). Изабеллово-саврасая и солово-саврасая составляют всего 0,2%, поскольку редки сами базовые производные данных мастей – аллель *MATP/Cr* для изабелловой и генотип *MC1R/ee* для соловой. Чтобы увеличить доли популярных оригинальных мастей мы апробируем в селекционном процессе результаты генетической детерминации масти, однако не все наши опыты дали желаемый результат. От целевых подборов пар с учетом генотипирования нам удалось получить двух солово-саврасых жеребят, но за три года опытов не было получено изабеллово-саврасых с желаемым генотипом *MATP/CrCr*. Очевидно, вероятность получения изабеллово-саврасого жеребенка в аборигенной *вятской* породе крайне мала.

Генотипирование выявило ошибки в идентификации мастей. Оказалось, что одновременное действие аллелей *D* и *Cr* на базовую вороную делает почти невозможной фенотипическую идентификацию масти их носителя. Лошади дымчатой мышастой масти зарегистрированы светло-булано-саврасыми или светло-мышастыми, соответственно дымчатая мышастая масть не была включена в статистическую обработку. В исследовании не отмечены и лошади караково-саврасой (мухортая) масти, но из-за случаев рождения караковых лошадей допускается возможность наличия в породе единичных мухортовых особей, идентифицированных под другой мастью. Поскольку у лошадей с генотипами *nd1/nd1* и *nd1/nd2* почти отсутствовало осветление основной масти, обусловленное доминантным аллелем *D*, но имелись некоторые «дикие» отметины, включая «ремень» на спине, то носители данных генотипов были отнесены к темно-саврасым и темно-мышастым. Распространение в *вятской* породе аллеля *nd1* дает основание предположить, что рецессивные генотипы *nd1/nd1* и *nd1/nd2* были у многих лошадей с широко упоминаемой в источниках

XIX столетия масти «карей» (гнедая с признаками псевдосаврасости). В результате целенаправленной работы селекционеров, количество гнедых и вороных с превдосаврасостью *вятских* лошадей в настоящее время сведено до минимума.

В исследованиях не выявили взаимосвязи между геном *TBX3* и белыми отметинами, но наместили его вероятную взаимосвязь с оттенком саврасой масти и «дикими» отметинами. У лошадей светлого оттенка масти с наиболее ярко выраженными «дикими» отметинами преимущественно преобладают генотипы *D/nd1* и *D/D*. Среди типированного поголовья с генотипом *D/nd2* наибольшее количество особей более темного оттенка масти, среди них были выявлены животные, у которых кроме «ремня» не было идентифицировано «диких» отметин. Замечена тенденция положительного влияния рецессивного аллеля *MC1R/e* на наличие и размер белых отметин и нежелательное действие на данный признак аллеля *W20*, поэтому селекцию следует направить на сокращение встречаемости аллеля *W20* в *вятской* породе.

Наряду с первоочередным значением масти, как неотъемлемого генетического маркера при охране генофонда *вятской* породы, а также важной коммерческой составляющей в деле поддержания самобытных оригинальных мастей популяции, генотипические и фенотипические особенности масти в отдельных случаях могут быть использованы в качестве дополнительного генетического маркера, позволяющего достоверно идентифицировать лошадей и ее происхождение

Выводы. Генетическая детерминация мастей имеет практическое значение, поскольку масть оказывает влияние на стоимость лошади, и прогнозирование данного признака может повлиять на экономическую рентабельность отрасли в хозяйстве. Генотипирование дает возможность исключения ошибок в идентификации сложных для визуализации мастей. Сведения о результатах генотипирования масти каждой исследованной лошади *вятской* породы включены в электронную базу данных и используются нами в селекционном процессе. Так как масть – важнейший генетический маркер и признак селекции, необходима организация генотипирования всех используемых племенных жеребцов и ведущих конематок по набору генов, ассоциированных с базовыми и желательными в *вятской* породе мастями, в частности по *MC1R*, *ASIP*, *TBX3*, *MATP*, а также по аллелю *W20*, селекция по которому должна быть направлена на уменьшение частоты его встречаемости в популяции. В селекции *вятской* породы первостепенное значение имеет наличие гена *TBX3*, который при различных сочетаниях аллелей генов *MC1R* и *ASIP* обуславливает на основе базовых (гнедая, вороняя, рыжая) мастей желательные в породе (гнедо-саврасая, мышастая, каурая).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамова Н.В. Генетическая детерминация мастей лошадей чистокровной ахалтекинской породы // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 1. С. 129–133.
2. Белоусова Н.Ф., Басс С.П. Проявление и распределение депигментированных областей у лошадей вятской

- породы и их влияние на оценку племенных животных // Коневодство и конный спорт. 2020. № 3. С. 22–25. DOI: 10.25727/HS.2020.3.62768.
3. Борисова А.В., Храброва Л.А. Детекция мутации PMEL17 и серебристой масти у лошадей советской тяжелой породы // Коневодство и конный спорт. 2015. № 3. С. 12–14. EDN: WNDGGJ.
 4. Буренко А.В., Гопка Б.М. Масть и резвость лошадей Орловской рысистой породы // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. 2019. № 121. С. 75–86. DOI: 10.32900/2312-8402-2019-121-75-86.
 5. Калинкова Л.В. Изучение полиморфизма генов ASIP и MC1R у лошадей арабской породы // Генетика и разведение животных. 2020. № 2. С. 50–53. DOI: 10.31043/2410-2733-2020-2-50-53.
 6. Калинкова Л.В., Зайцев А.М., Иванов Р.В. Генетическая структура локальной популяции лошадей якутской породы по генам MC1R, ASIP, DMRT3 и MSTN // Сельскохозяйственная биология. 2022. № 57 (2). С. 272–282. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.2.272rus.
 7. Курская В.А. Масти лошадей. Москва, 2011. 442 с.
 8. Храброва Л.А., Блохина Н.В., Белоусова Н.Ф., Котран Е.Г. Оценка генеалогической структуры вятской породы лошадей (*Equus ferus caballis*) с использованием анализа ДНК // Генетика. 2022. № 58(4). С. 457–462. DOI: 10.31857/S0016675822040063.
 9. Bailey E.F., Brooks S.A. Horse genetics. CABI, 2020. 248 с.
 10. Belousova N.F., Bass S.P., Zinoveva S.A. et al. Features of coat color and markings and impact of dun factor on Vyatka horse breed. In International Scientific-Practical Conference Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources (FIES 2019), Kazan, 13–14 Nov. 2019. Kazan. DOI: 10.1051/bioconf/20201700202.
 11. Hauswirth R., Hauswirth R., Jude R. et al. Novel variants in the KIT and PAX3 genes in horses with white-spotted coat colour phenotypes // Animal Genetics. 2013. No. 44 (6). P. 763–765. DOI: 10.1111/age.12057. PMID 23659293.
 12. Imsland F., Imsland F., McGowan K. et al. Regulatory mutations in TBX3 disrupt asymmetric hair pigmentation that underlies Dun camouflage color in horses // Nature Genetics. 2016. No. 48 (2). P. 152–158. DOI: 10.1038/ng.3475.
 13. Librado P., Fages A., Gaunitz C. et al. The evolutionary origin and genetic makeup of domestic horses // Genetics. 2016. No. 204 (2). P. 423–434. DOI: 10.1534/genetics.116.194860.
 14. Reißmann M. Die Farben der Pferde. 2009. P. 272. ISBN: 978-3-86127-460-5.
 15. Sponenberg D.P., Bellone R. Equine color genetics. Hoboken: Willey-Blackwell, 2017. 352 с.
 2. Belousova N.F., Bass S.P. Proyavlenie i raspredelenie depigmentirovannyh oblastej u loshadej vyatskoj породы i ih vliyanie na ocenku plemennyh zhivotnyh // Konevodstvo i konnyj sport. 2020. № 3. С. 22–25. DOI: 10.25727/HS.2020.3.62768.
 3. Borisova A.V., Hrabrova L.A. Detekciya mutacii PMEL17 i serebristoj masti u loshadej sovetskoj tyazhelovoznoj породы // Konevodstvo i konnyj sport. 2015. № 3. С. 12–14. EDN: WNDGGJ.
 4. Burenko A.V., Gopka B.M. Mast' i rezvost' loshadej Orlovskoj rysistoj породы // Nauchno-tekhnicheskij byulleten' Instituta zhivotnovodstva Nacional'noj akademii agrarnyh nauk Ukrainy. 2019. № 121. С. 75–86. DOI: 10.32900/2312-8402-2019-121-75-86.
 5. Kalinkova L.V. Izuchenie polimorfizma genov ASIP i MC1R u loshadej arabskoj породы // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2020. № 2. С. 50–53. DOI: 10.31043/2410-2733-2020-2-50-53.
 6. Kalinkova L.V., Zajcev A.M., Ivanov R.V. Geneticheskaya struktura lokal'noj populyacii loshadej yakutskoj породы po genam MC1R, ASIP, DMRT3 i MSTN // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2022. № 57 (2). С. 272–282. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.2.272rus.
 7. Kurskaya V.A. Masti loshadej. Moskva, 2011. 442 s.
 8. Hrabrova L.A., Blohina N.V., Belousova N.F., Kotran E.G. Ocenka genealogicheskoy struktury vyatskoj породы loshadej (*Equus ferus caballis*) c ispol'zovaniem analiza DNK // Genetika. 2022. № 58 (4). С. 457–462. DOI: 10.31857/S0016675822040063.
 9. Bailey E.F., Brooks S.A. Horse genetics. CABI, 2020. 248 s.
 10. Belousova N.F., Bass S.P., Zinoveva S.A. et al. Features of coat color and markings and impact of dun factor on Vyatka horse breed. In International Scientific-Practical Conference Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources (FIES 2019), Kazan, 13–14 Nov. 2019. Kazan. DOI: 10.1051/bioconf/20201700202.
 11. Hauswirth R., Hauswirth R., Jude R. et al. Novel variants in the KIT and PAX3 genes in horses with white-spotted coat colour phenotypes // Animal Genetics. 2013. No. 44 (6). P. 763–765. DOI: 10.1111/age.12057. PMID 23659293.
 12. Imsland F., Imsland F., McGowan K. et al. Regulatory mutations in TBX3 disrupt asymmetric hair pigmentation that underlies Dun camouflage color in horses // Nature Genetics. 2016. No. 48 (2). P. 152–158. DOI: 10.1038/ng.3475.
 13. Librado P., Fages A., Gaunitz C. et al. The evolutionary origin and genetic makeup of domestic horses // Genetics. 2016. No. 204 (2). P. 423–434. DOI: 10.1534/genetics.116.194860.
 14. Reißmann M. Die Farben der Pferde. 2009. P. 272. ISBN: 978-3-86127-460-5.
 15. Sponenberg D.P., Bellone R. Equine color genetics. Hoboken: Willey-Blackwell, 2017. 352 s.

REFERENCES

Поступила в редакцию 03.02.2023
 Принята к публикации 10.02.2023

СОЗДАНИЕ ГИБРИДИЗАЦИОННОГО ЗОНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КЛАССИЧЕСКОЙ ЧУМЫ СВИНЕЙ МЕТОДОМ *FISH**

Алина Константиновна Комина, младший научный сотрудник
 Виктория Васильевна Стаффорд, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
 Алексей Михайлович Гулюкин, член-корреспондент РАН
 ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский исследовательский институт
 экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук»,
 г. Москва, Россия
 E-mail: stafford.v.v@gmail.com

Аннотация. В статье представлены данные по созданию ДНК-зонда для применения во флуоресцентной гибридизации *in situ* на криотомных гистологических срезах образцов внутренних органов свиней. Данный метод диагностики актуален при инapparатном течении инфекции, которая способствует поддержанию вирусной нагрузки внутри стада, не проявляясь выраженными клиническими признаками. Кроме этого, метод способствует выявлению вируса в патологическом материале в период поствиремии. В нашей работе отражены этапы создания ДНК зонда размером 173 п.о. соответствующего участку гена гликопротеина E2 вируса классической чумы свиней. Зонд проверяли на миндалинах от инфицированных вирусом свиней, в качестве отрицательного контроля использовали миндалины от здоровых, не привитых от КЧС свиней. Получены хорошие результаты применения зонда, отражающие его высокую специфичность и избирательность в образцах положительного контроля. Экспериментальные данные легли в основу наших дальнейших исследований в области инфекционной патологии сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: флуоресцентная гибридизация *in situ*, гибридизационный зонд, классическая чума свиней

CREATION OF A HYBRIDIZATION PROBE FOR THE DIAGNOSIS OF CLASSICAL SWINE FEVER BY THE *FISH* METHOD

A.K. Komina, Junior Researcher
 V.V. Stafford, PhD in Biological Sciences, Leading Researcher
 A.M. Gulyukin, Corresponding Member of the RAS
 Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre VIEV», Moscow, Russia
 E-mail: stafford.v.v@gmail.com

Abstract. The article presents data creation of the DNA probe labeled with fluorescein-12-dUTP for its subsequent use in *in-situ* hybridization in cryotomic histological sections from samples of internal organs of pigs. This diagnostic method is especially relevant for the inapparate course of infection, which contributes to maintaining the viral load inside the herd without showing pronounced clinical signs. In addition, the method helps to identify the viral genetic material in the pathological samples during the post-viremia period. In this article the stages of creating a probe consisting of 173 pairs of nucleotide bases corresponding to the site of the glycoprotein E2 gene of the classical swine fever virus are shown. The final DNA probe was tested on tonsils from pigs infected with the CSF virus as a positive control for the DNA probe and as a negative control for the DNA probe is tonsils from healthy pigs not vaccinated against CSF were used. Finally, we obtained positive results of using the DNA probe, reflecting its high specificity and selectivity in the studied samples of positive control. The data obtained by us formed the basis for our further research in the field of infectious pathology of farm animals.

Keywords: hybridization probe, nucleotide pair, DNA, RNA, fluorescent mark, classical swine fever

Флуоресцентная гибридизация *in situ* (*fluorescence in situ hybridization* – *FISH*) – цитогенетический метод, при котором применяют меченные флуорохромами ДНК-зонды для детекции и определения положения специфической последовательности ДНК или РНК в гистологических, цитологических и хромосомных препаратах. В современной медицине гибридизация *in situ* – стандарт диагностики многих инфекционных, иммунных и функциональных расстройств в макроорганизме. В России широко используют данный метод

при диагностике онкологических состояний у человека, на его основе создают медицинские базы данных. [2, 3] Бактериологи изучают почвенные бактерии и их эволюцию. [1] В РФ нет данных по использованию метода при диагностике болезней животных. Гибридизация *in situ* позволяет выявить генетический материал возбудителя в тканях органов, определить его тропность и раскрыть вопросы патогенеза и иммунного ответа, особенно при инapparатном течении болезни. [4–8, 10] Одно из таких заболеваний – классическая чума сви-

* Статья выполнена в рамках государственного задания и плана НИР ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН на 2021–2024 годы / The article was carried out within the framework of the state task and the research plan of the Federal State Budgetary Institution of the Federal Research Center RES RAS for 2021–2024.

ней (КЧС), которой характерно острое, подострое и бессимптомное течение.

Иностранные специалисты для гибридизации *in situ* в органах и тканях от свиней, зараженных КЧС, применяют протокол, опубликованный в сборнике Всемирной организации здоровья животных (МЭБ) «Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals» (Глава 3.9.3). [9]

Учитывая современные геополитические вопросы, нам необходим отечественный доступный метод выявления генетического материала любого патогена в тканях животных.

Цель работы – создание гибридизационного зонда для диагностики КЧС методом гибридизации *in situ*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения специфичного фрагмента размером 173 п.н., соответствующего участку гена гликопротеина E2, проводили гнездовую ПЦР. Выделение РНК вакцинного штамма «КС» вируса КЧС осуществляли при помощи коммерческого набора «РИБО-преп» («ИнтерЛабСервис», Россия) по методике производителя. На первом этапе ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) использовали прямой праймер F1 5'-АТАТАТГСТСААГГГСГАТ-3' и обратный R1 5'-АСАГСАТАГТАТССАТТСТТТА-3' (10 пМ). При этом реакционная смесь объемом 25 мкл содержала 5 мкл образца, 5 мкл буфера (5x) для ОТ-ПЦР (Диам, Россия), 0,5 мкл смеси dNTP (Диам, Россия), 12,1 мкл воды без нуклеаз, 0,25 мкл Таq-полимеразы (Диам, Россия), 0,125 MMLV-ревертазы. Термический цикл: 50°C – 30 мин., 94°C – 5 мин. Затем 25 циклов: 95°C – 30 с, 60,5°C – 30 с и 72°C – 90 с, в конце 72°C – 5 мин. На втором этапе проводили ПЦР с прямым праймером F2 5'-СТГТГГСТААТАГТГАССТАС-3' и обратным R2 5'-САТТСТТТАТГГГСТСАТС-3' (по 10 пМ). Реакционная смесь объемом 25 мкл содержала 5 мкл образца, 2,5 мкл буфера (10x) для ПЦР (Диам, Россия), 0,5 мкл смеси dNTP (Диам, Россия), 14,6 мкл воды без нуклеаз, 0,25 мкл Таq-полимеразы (Диам, Россия). Термический цикл: 94°C – 5 мин. Затем 25 циклов: 94°C – 30 с, 55°C – 30 с и 72°C – 90 с, в конце 72°C – 5 мин. После амплификации выполняли электрофорез в 1%-м агарозном геле, приготовленном на трис-ацетатном буферном растворе (pH = 8,0) с добавлением 40 мкл бромистого этидия на литр буфера. ПЦР-фрагмент, соответствующий по электрофоретической подвижности размеру 173 п.н., вырезали и выделяли из геля при помощи набора «LumiPure» (Lumiprobe, Россия) согласно инструкции производителя.

Для мечения ДНК-зонда использовали ПЦР. Реакционная смесь состояла из 4,0 мкл смеси флуоресцеина-12-dUTP 1/3, 2,5 мкл Таq-буфера (x10), по 1 мкл праймеров F2 и R2 до конечной концентрации каждого праймера 0,1...1,0 мкМ, 0,25 мкл Таq-полимеразы, 5 мкл матричной ДНК (0,02...0,15 мкг/25 мкл смеси), деионизированной воды до 25 мкл. Программа амплификации состояла из 40 циклов: 94°C – 10 с, 55°C – 10 с, 72°C – 30 с, затем инкубирование при 72°C – 3 мин.

Дополнительно нуклеотидную последовательность зонда определяли по методу Сэнгера с использованием набора «BigDye 3.1» (Applied Biosystems, США).

В дальнейшем, для применения готового гибридизационного зонда (ГБ) в качестве компонента гибридизации *in situ*, готовили гибридизационную смесь (ГС), начиная с гибридизационного буфера (pH = 7,2), состоящего из 15 мл формамида, 3 мл 50% раствора декстрана сульфата натрия на дистиллированной воде, 3 мл 0,1М ФСБ, 3 мл 20xЦСБ. К данному объему добавили необходимое количество ГБ для получения ГС, которую использовали в гибридизации *in situ* в гистологических срезах.

В качестве патологического материала для испытания ГБ брали криотомные, нефиксированные гистологические срезы миндалин от инфицированных свиней (положительный контроль) и интактных, не вакцинированных (отрицательный контроль).

Для детекции флуоресцентной метки зонда использовали микроскоп *Axio Scope A1.0* (Zeiss) и осветитель *HBO 50* с соответствующим светофильтром при ок.x10, об.x63. Фотосъемку вели при помощи фотоаппарата и программы *Axio Vision*.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Секвенированием по методу Сэнгера получили нуклеотидную последовательность ДНК-зонда: CTGTGGCTAATAGTGACCTACATAG TTCTAACAGAACAACCCGCCGCTGGTTTAC AGCTGGGCGCAGGGGTGAGGTAGTGTTAAT AGGGAACCTTAATTACCCACACAGACATTGA GGTGTAGTATATTTCTTACTGCTCTATTT GGTTCATGAGAGATGAGCCTATAAAGAAATG. После вшивания флуоресцеина-12-dUTP в ДНК-зонд методом ПЦР получили флуоресцентный ГБ, который использовали в реакции гибридизации *in situ* для определения расположения вируса классической чумы свиней в криотомных гистологических срезах.

Получены положительные результаты гибридизации зонда в криотомных срезах миндалин от инфицированной вирусом КЧС свиньи (см. рисунок А, 2-я стр. обл.) по сравнению с гистологическим образцом от интактного животного (см. рисунок Б, 2-я стр. обл.).

При положительной гибридизации зонда в гистологических срезах мы наблюдаем характерное изумрудно-зеленое свечение (А), по характеру которого можно определить расположение генетического материала вируса (ГБ в тканях расположен избирательно, в виде отдельно лежащих глыбок и их скоплений). Хорошо выражены цитоплазма клеток и ядро, что свидетельствует о целостности структуры клетки, отдельно лежащие частицы свидетельствуют о внеклеточном расположении вируса.

Таким образом, мы получили чувствительный гибридизационный ДНК-зонд, который может быть использован в качестве компонента для такого диагностического теста как гибридизация *in situ*. Дальнейшие исследования в этой области позволят нам расширить методы диагностики инфекционной патологии животных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Величко Н.В., Рабочая Д.Е., Макеева А.С., Пиневи́ч А.В. Таксономическое разнообразие цианобактерий в антарктических почвенных сообществах, выявленное методом флуоресцентной *in situ* гибридизации. В сб.: Микроорганизмы и плодородие почвы. Мат. I Всеросс. науч.-практ. конф. с межд. уч., посвящ. 90-летию со дня рождения профессора Е.М. Панкратовой. 2022. С. 27–30.
2. Каракулов Р.К., Кайдарова Д.Р., Душимова З.Д. и др. Дифференцированный подход к терапии диффузной В-крупноклеточной лимфомы с учетом статуса *c-MYC* и *BCL2*. Онкогематология. 2022. Т. 17. № 1. С. 37–42. DOI: 10.17650/1818-8346-2022-17-1-37-42.
3. Шкаврова Т.Г., Михайлова Г.Ф., Цепенко В.В., Голуб Е.В. База данных частоты стабильных aberrаций хромосом у детей, проживающих на радиоактивно-загрязненных территориях после чернобыльской аварии. Свидетельство о регистрации базы данных 2022620536, 15.03.2022. Заявка № 2022620389 от 09.03.2022.
4. Choi C., Chae C. Localization of classical swine fever virus in male gonads during subclinical infection. J Gen Virol. 2002 Nov; 83 (Pt 11): 2717–2721. DOI: 10.1099/0022-1317-83-11-2717.
5. Choi C., Chae C. Detection of classical swine fever virus in the ovaries of experimentally infected sows. J Comp Pathol. 2003 Jan; 128 (1): 60–6. DOI: 10.1053/jcpa.2002.0607.
6. Fan Y-H, Lin Y-L, Hwang Y-C. et al. T-cell factor-4 and MHC upregulation in pigs receiving a live attenuated classical swine fever virus (CSFV) vaccine strain with interferon-gamma adjuvant. Vet J. 216. P. 148–56. DOI: 10.1016/j.tvjl.2016.07.009.
7. Ha S.-K., Choi C., Chae C. Development of an optimized protocol for the detection of classical swine fever virus in formalin-fixed, paraffin-embedded tissues by seminested reverse transcription-polymerase chain reaction and comparison with *in situ* hybridization. Research in Veterinary Science. 2004. 77. P. 163–169.
8. Nagarajan K., Saikumar G. Fluorescent *in-situ* hybridization technique for the detection and localization of classical swine fever virus in infected tissues. Veterinarski Arhiv. 82 (5). 2012. P. 495–504.
9. URL: <https://www.oie.int/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-manual-online-access/>
10. Zhang Q., Xu Lu, Zhang Y. et al. A novel ViewRNA *in situ* hybridization method for the detection of the dynamic distribution of Classical Swine Fever Virus RNA in PK15 cells. Virology Journal. 2017. 14 (1): 81. DOI: 10.1186/s12985-017-0734-4.

REFERENCES

1. Velichko N.V., Rabochaya D.E., Makeeva A.S., Pinevich A.V. Taksonomicheskoe raznoobrazie cianobakterij v antarkticheskikh pochvennyh soobshchestvah, vyyavlennoe metodom fluorescentnoj *in situ* gibridizacii. V sb.: Mikroorganizmy i plodorodie pochvy. Mat. I Vseross. nauch.-prakt. konf. s mezhd. uch., posvyashch. 90-letiyu so dnya rozhdeniya professora E.M. Pankratovoj. 2022. S. 27–30.
2. Karakulov R.K., Kajdarova D.R., Dushimova Z.D. i dr. Differencirovannyj podhod k terapii diffuznoj V-krupnokletochnoj limfomy s uchetom statusa s-MYC i BCL2. Onkogematologiya. 2022. T. 17. № 1. S. 37–42. DOI: 10.17650/1818-8346-2022-17-1-37-42.
3. Shkavrova T.G., Mihajlova G.F., Cepenکو V.V., Golub E.V. Baza dannyh chastoty stabil'nyh aberracij hromosom u detej, prozhivayushchih na radioaktivno-zagryaznennyh territoriyah posle chernobyl'skoj avarii. Svidetel'stvo o registracii bazy dannyh 2022620536, 15.03.2022. Zayavka № 2022620389 ot 09.03.2022.
4. Choi C., Chae C. Localization of classical swine fever virus in male gonads during subclinical infection. J Gen Virol. 2002 Nov; 83 (Pt 11): 2717–2721. DOI: 10.1099/0022-1317-83-11-2717.
5. Choi C., Chae C. Detection of classical swine fever virus in the ovaries of experimentally infected sows. J Comp Pathol. 2003 Jan; 128 (1): 60–6. DOI: 10.1053/jcpa.2002.0607.
6. Fan Y-H, Lin Y-L, Hwang Y-C. et al. T-cell factor-4 and MHC upregulation in pigs receiving a live attenuated classical swine fever virus (CSFV) vaccine strain with interferon-gamma adjuvant. Vet J. 216. R. 148–56. DOI: 10.1016/j.tvjl.2016.07.009.
7. Ha S.-K., Choi C., Chae C. Development of an optimized protocol for the detection of classical swine fever virus in formalin-fixed, paraffin-embedded tissues by seminested reverse transcription-polymerase chain reaction and comparison with *in situ* hybridization. Research in Veterinary Science. 2004. 77. R. 163–169.
8. Nagarajan K., Saikumar G. Fluorescent *in-situ* hybridization technique for the detection and localization of classical swine fever virus in infected tissues. Veterinarski Arhiv. 82 (5). 2012. P. 495–504.
9. URL: <https://www.oie.int/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-manual-online-access/>
10. Zhang Q., Xu Lu, Zhang Y. et al. A novel ViewRNA *in situ* hybridization method for the detection of the dynamic distribution of Classical Swine Fever Virus RNA in PK15 cells. Virology Journal. 2017. 14 (1): 81. DOI: 10.1186/s12985-017-0734-4.

Поступила в редакцию 17.02.2023

Принята к публикации 03.03.2023

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПОСЕВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

Даба Нимаевич Раднаев, доктор технических наук
Бэликто Батоевич Цыбиков, кандидат сельскохозяйственных наук
Дугар-Цырен Баярович Бадмацыренов, кандидат технических наук
Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия
E-mail: daba01@mail.ru

Аннотация. Вопросы экологии, ресурсосбережения и снижения себестоимости продукции в земледелии связаны с освоением комбинированных почвообрабатывающих посевных машин, которые позволяют сократить количество технологических приемов. Необходимо оснащать сельхозпредприятия средствами механизации, приспособленными к конкретным условиям их производственного применения. Поэтому перспективное направление — разработка универсальных и комбинированных машин, способных за один рабочий цикл осуществлять несколько технологических приемов, обеспечивающих последовательное выполнение смежных операций. Для проведения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена установка, представляющая собой комбинированную машину, которая обеспечивает предпосевную обработку почвы, полосовой разбросной посев, внесение минеральных удобрений и послепосевное прикатывание. Представлены математические модели, связывающие факторы: скорость движения агрегата; угол атаки лапы сошника; глубина хода лапы сошника при оптимизации степени крошения почвы, подрезания сорных растений, изменения твердости почвы. На первом месте по значимости стоит скорость движения. Степень подрезания растений зависит от угла атаки. Глубина обработки практически не оказывает влияния на степень подрезания сорных растений. Это можно объяснить тем, что корневая система расположена на малой глубине. Для других культур этот фактор может играть существенную роль.

Ключевые слова: посев, комбинированная машина, планирование эксперимента, крошение почвы, твердость почвы, подрезание сорняков

RESEARCH OF THE COMBINED SOWING WORKING BODY

D.N. Radnaev, *Grand PhD in Engineering Sciences*
B.B. Tsybikov, *PhD in Agricultural Sciences*
D.-Ts.B. Badmatsyrenov, *PhD in Engineering Sciences*
Philippov V.R the Buryat State Academy of Agriculture, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia
E-mail: daba01@mail.ru

Abstract. Today, the issues of ecology, resource conservation and reduction of production costs in agriculture are associated with the development of combined tillage — sowing machines, which make it possible to reduce a number of technological techniques. Taking into account these factors makes it possible to equip agricultural enterprises with means of mechanization adapted to the specific conditions of their production use. Therefore, a promising direction is the development of universal and combined machines, that is, technical means of mechanization capable of performing several technological operations in one working cycle or, after relatively simple retrofits, ensuring the consistent execution of a number of operations. To carry out experimental studies, an installation was developed and manufactured, which is a combined machine that provides pre-sowing tillage, strip spreading sowing, mineral fertilizers and post-sowing rolling. Using the experimental planning method, mathematical models have been developed that link factors such as the speed of the unit, the angle of attack of the coulter's paw, the depth of the coulter's paw when optimizing the degree of soil crumbling, pruning of weeds, changes in soil hardness. Analysis of mathematical models shows that factors in a certain way affect the quality of tillage (crumbling, hardness, pruning of plants). In the first place in terms of significant importance is the speed of movement. The degree of pruning of plants depends on the angle of attack. As for the depth of processing, this factor has practically no effect on the degree of pruning of weeds. This can be explained by the fact that the root system is located at a shallow depth. For other cultures, this factor may play a significant role.

Keywords: sowing, combined machine, experiment planning, soil crumbling, soil hardness, weed pruning

Вопросы экологизации, ресурсосбережения и снижения себестоимости продукции в земледелии связаны с освоением комбинированных почвообрабатывающих посевных машин, которые позволяют сократить количество технологических приемов. Сельхозпредприятия нуждаются в средствах механизации приспособленных к конкретным условиям их производственного применения. [5, 10]

Перспективное направление — разработка универсальных и комбинированных машин, способ-

ных за один рабочий цикл осуществлять несколько технологических приемов, обеспечивающих последовательное выполнение смежных операций. Еще один вариант оптимизации сельскохозяйственной техники состоит в создании и применении в комплексе с базовыми машинами и орудиями системы сменных рабочих органов, приспособленных для эффективного использования в широком диапазоне внешних условий, и выполнения узкого класса операций в специфических условиях. [4, 7–9]

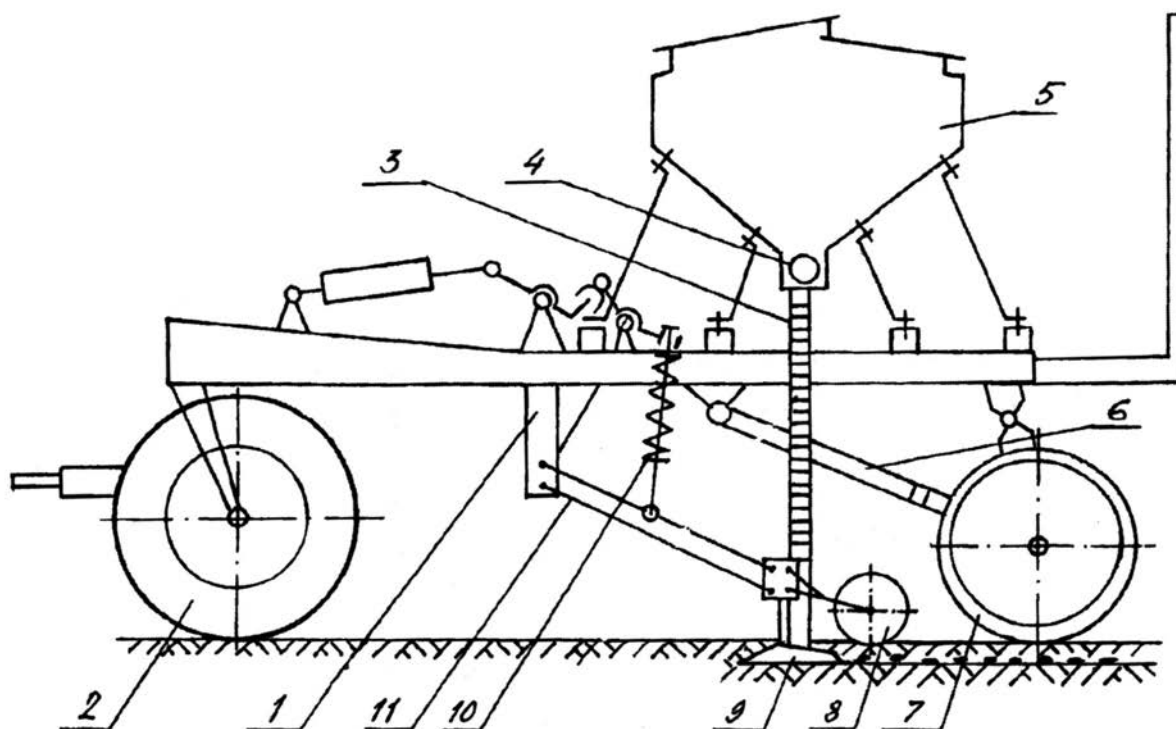


Схема экспериментальной сеялки: 1 – рама; 2 – самоустанавливающееся пневматическое колесо; 3 – семяпровод; 4 – высевной аппарат; 5 – бункер для семян и удобрений; 6 – шарнирная тяга; 7 – прикатывающие катки; 8 – каток сошника; 9 – лаповый сошник; 10 – нажимная пружина; 11 – поводок сошника в виде параллелограммного механизма.

Появление новых конструкций комбинированных машин и комплексов обусловлено применением ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур (почвозащитная, минимальная, нулевая и другие), а также стремлением к повышению точности посева. [3, 4, 14]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена установка (см. рисунок), представляющая собой комбинированную машину, которая обеспечит выполнение агротехнических требований к предпосевной обработке почвы и посеву. [11, 12] Основные из них: равномерная плотность для суглинистых почв в слое 0...15 см – 1,1...1,2 г/см³ (для зерновых культур); на поверхности почвы не должно быть комков размером более 50 мм (до 25 мм – не менее 80%); гребнистость поверхности поля после прохода со средним отклонением высоты от прямой линии поверхности – ±20 мм.

Сеялка может за один проход одновременно производить безотвальную предпосевную обработку почвы, полосовой разбросной посев, внесение минеральных удобрений и послепосевное прикатывание. На первом этапе на поле учебного полигона Бурятского ГСХА изучали работу различного сочетания рабочих органов при посеве. Условия опыта: рельеф ровный, почва участка – средний суглинок, абсолютная влажность – 15,4...16,6% на глубине до 15 см, фон – пар. Опыты по определению агротехнических показателей в зависимости от режима работы агрегата проводили в соответствии с методикой ОСТ 70.5.1-82 и ОСТ 10.5.1-2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью планирования эксперимента можно получить математические модели, связывающие исследуемый параметр со всеми влияющими на него факторами. [1, 6, 13]

Предположим, что в рассматриваемой сложной системе существует функциональная связь между факторами (скорость движения агрегата, угол атаки лапы сошника, глубина хода лапы сошника) рабочего органа. Тогда в общем виде математическое описание процесса представляет зависимость:

$$y = f(x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

где y – исследуемый параметр; x_1, x_2, x_3 – независимые переменные (факторы), которые можно изменять при постановке эксперимента.

В качестве исследуемых параметров оптимизации установлены степени крошения почвы, подрезания

Таблица 1.
Условия кодирования переменных факторов

Уровень и интервал варьирования	Значение фактора		
	x_1	x_2	x_3
Основной (x_0)	1,5	70	7
Интервал варьирования	0,9	20	2
Верхний уровень (+1)	2,4	90	9
Нижний (-1)	0,6	50	5

Примечание. x_1 – скорость движения агрегата м/с, x_2 – угол атаки лапы сошника, град; x_3 – глубина хода лапы сошника, см.

Таблица 2.

Матрица планирования и результаты эксперимента для крошения почвы, подрезания сорных растений и изменения твердости почвы, %

№ опыта	Фактор				Степень крошения почвы					Подрезание сорных растений					Изменение твердости почвы				
	x_0	x_1	x_2	x_3	KP_1	KP_2	KP_3	KP_4	\overline{KP}	W_1	W_2	W_3	W_3	\overline{W}	T_1	T_2	T_3	T_4	\overline{T}
1	+	-	-	-	76,9	75,5	76,7	73,7	75,7	75,5	74,3	76,2	75,2	75,3	17,5	20,2	21,1	18,5	19,3
2	+	+	-	-	78,8	81,7	79,2	80,8	80,1	83,6	82,8	84,5	83,2	83,5	22,3	25,1	22,8	25,6	24,0
3	+	-	+	-	76,7	77,5	79,4	78,4	78,0	86,6	85,9	87,4	86,4	86,6	30,1	29,5	27,9	31,3	29,7
4	+	+	+	-	88,6	89,3	87,2	90,1	88,8	93,5	94,2	95,2	94,4	94,3	36,2	34,9	33,9	36,8	35,5
5	+	-	+	+	83,6	79,7	80,2	82,5	81,5	85,6	86,6	86,8	87,7	86,7	43,8	44,4	46,8	43,9	44,7
6	+	+	+	+	91,8	88,6	92,1	89,5	90,5	94,5	93,8	94,8	95,3	94,6	44,8	51,8	50,6	51,3	50,6
7	+	-	-	+	76,1	80,9	77,7	79,2	78,5	77,5	76,4	76,8	75,8	76,6	29,2	31,5	22,8	32,7	30,8
8	+	+	-	+	87,3	83,4	86,5	84,8	85,5	83,5	84,2	84,8	85,2	84,4	35,2	34,8	34,4	32,2	33,5

Примечание. (+) и (-) – уровни варьирования переменных.

сорных растений, изменения твердости почвы. План исследований – полный факторный эксперимент типа 2^3 с варьированием переменных на двух уровнях для рабочего органа комбинированной машины (табл. 1). [6, 13]

Матрица планирования и результаты полного факторного эксперимента приведены в таблице 2.

В общем виде уравнение регрессии для трех факторов в первом приближении:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (2)$$

Результаты опытов обрабатывали по методикам. [1, 4, 5] Вычисленные коэффициенты регрессии и другие статистические характеристики приведены в таблице 3.

Гипотезу об однородности построчных выборочных дисперсий при одинаковом объеме всех выборок проверяли по критерию Кохрена:

$$G_p = \frac{S_j^2 \max}{\sum_i^N S_j^2} < G_q(f_n, N), \quad (3)$$

где $G_q(f_n, N)$ – табличное значение критерия при уровне значимости q ; $f_n = n - 1$ – число степеней свободы для выборочных дисперсий; n – количество параллельных опытов.

Поскольку вычисленные значения G_q (табл. 3) меньше табличного $G_{q,0,05}(2,8) = 0,516$ и $G_{q,0,05}(3,8) = 0,4226$, условие (3) выполняется – расхождения между дисперсиями незначительны, опыты воспроизводимы.

Доверительные интервалы Δb_j для коэффициентов уравнения регрессии получены (уровень значимости $q = 5\%$) при

$$|\Delta b_j| > b_j. \quad (4)$$

Коэффициент регрессии b_j – статистически значим.

После исключения незначимых коэффициентов были получены интерполяционные уравнения: для степени рыхления почвы (%)

$$\hat{K}_p = 67,225 + 0,825x_1 + 0,118x_2 + 0,3335x_3 + 0,231x_1x_2; \quad (5)$$

подрезания сорных растений (%)

$$\hat{W} = 61,25 + 4,4x_1 + 1,1x_2 + 0,065x_3, \quad (6)$$

где $W = \frac{W - W_n}{W_g} \cdot 100\%$;

изменения твердости почвы (%)

$$\hat{T} = 0,91 + 0,86x_1 + 0,24x_2 + 0,57x_3 + 0,12x_1x_2 + 0,047x_2x_3, \quad (7)$$

где $T = \frac{T - T_n}{T_g} \cdot 100\%$.

Для проверки адекватности полученных уравнений использован критерий Фишера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S^2\{g\}}, \quad (8)$$

Таблица 3. Результаты математической обработки экспериментов

Характеристика	Степень крошения почвы	Подрезание сорных растений	Изменение твердости почвы
	%		
Коэффициенты регрессии b_{0j}	67,225	61,25	0,91
b_1	0,825	4,4	0,86
b_2	0,118	1,1	0,24
b_3	0,335	0,065	0,57
b_{12}	0,231	–	0,12
b_{13}	–	–	–
b_{23}	–	–	0,047
b_{123}	–	–	–
Расчетное значение критерия Кохрена G_p	0,205	0,178	0,158
Дисперсия воспроизводимости результатов эксперимента $S^2\{y\}$	2,57	0,52	2,134
Дисперсия коэффициентов регрессии $S^2(b_j)$	0,08	0,016	0,067
Доверительный интервал коэффициентов регрессии b_j	0,583	0,26	0,532
Дисперсия адекватности $S_{ад}^2$	5,97	0,97	5,66
Расчетное значение критерия F_p	2,3	1,87	2,65

где $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности, характеризующая отклонение экспериментальных точек от найденных по уравнению регрессии; $S^2\{g\}$ – дисперсия воспроизводимости результатов эксперимента.

Уравнение регрессии адекватно экспериментальным данным, если

$$F_p \leq F_q(F_1, F_2), \quad (9)$$

где $F_q(F_1, F_2)$ – табличное значение F-критерия, найденное при числе степеней свободы F_1 и F_2 и уровня значимости q : $F_1 = N - k$ – число степеней свободы для дисперсии адекватности (k – число значимых коэффициентов уравнения регрессии); $F_2 = N(n - 1)$ – число степеней свободы для дисперсии воспроизводимости.

В результате расчетов оказалось, что вычисленные значения F_p меньше табличных – $F_{q,0,05}(3,16) = 3,24$; $F_{q,0,05}(3,24) = 3,01$; $F_{q,0,05}(4,24) = 2,78$.

Следовательно, гипотеза об адекватности доказана. Анализ уравнений регрессии позволяет оценить степень влияния как отдельных факторов, так и их взаимодействия на процесс обработки почвы с помощью комбинированного агрегата. Знаки и величины коэффициентов регрессии характеризуют направления и степень влияния линейных эффектов и эффектов взаимодействия.

Анализ уравнений показывает, что факторы x_1 , x_2 , x_3 определяют качество обработки почвы (крошение, твердость, подрезание растений). На первом месте по существенной значимости стоит скорость движения x_1 . Степень подрезания растений зависит от угла атаки x_2 . Что касается глубины обработки x_3 , то этот фактор практически не оказывает влияния на степень подрезания сорных растений. Это можно объяснить тем, что корневая система расположена на малой глубине. Для других культур этот фактор может играть существенную роль.

Выводы. Разработаны интерполяционные уравнения для степени рыхления почвы, подрезания сорных растений и изменения твердости почвы. Гипотеза об адекватности линейной модели принята, так как расчетное значение F-критерия не превышает табличного для выбранного уровня значимости с 95%-й достоверностью.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976.
2. Кем А.А. Совершенствование способов посева зерновых в Западной Сибири /Зерновое хозяйство. 2007. № 1. С. 17–19.
3. Кем А.А., Кокорин М.В., Кобяков Н.В., Кузнецов Т.Ю. Комбинированный сошник для разноуровневого посева семян и внесения минеральных удобрений. В сб.: Проблемы научно-технологической модернизации сельского хозяйства: производство, менеджмент, экономика. Сборник трудов Международной науч.-практ. конф. обучающихся в магистратуре. Институт экономики и финансов ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина. 2014. С. 32–36.

4. Кем А.А., Михальцов Е.М., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Сейлка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 62–68
5. Лачуга Ю.Ф., Конкин М.Ю. Ресурсосберегающая направленность технической политики в сельском хозяйстве // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 1. С. 3–7.
6. Мельников С.В. и др. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Колос, 1980.
7. Мударисов С.Г. Моделирование процесса взаимодействия рабочих органов с почвой. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 7. С. 27–30.
8. Мударисов С.Г., Мухаметдинов А.М. Результаты полевых испытаний комбинированного сошника. В сборнике: Достижения науки – агропромышленному производству. Материалы I Международной научно-технической конференции. Редактор: Н.С. Сергеев. 2011. С. 171–175.
9. Мухаметдинов А.М., Мударисов С.Г., Ямалетдинов М.М. Разработка математической модели процесса взаимодействия комбинированного сошника с почвой. Известия Международной академии аграрного образования. 2013. № 17. С. 84–89.
10. Орлова Л.В. Анализ внедрения ресурсосберегающих технологий в России / Достижения науки и техники АПК. № 6. 2005. С. 2–5.
11. Раднаев Д.Н., Тумурхонов В.В., Прокопьев С.Н. Почвообрабатывающая посевная машина. Патент на полезную модель RU № 103695 U1, 27.04.2011. Заявка № 2010143380/21 от 22.10.2010
12. СТО АИСТ 5.6-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения. Общие требования [Текст]. Введ. 2011-04-15. М.: Стандартинформ, 2011.
13. Тихомиров В.Б. Математические методы планирования экспериментов при изучении нетканых материалов. М: Лёгкая индустрия, 1968. 156 с.
14. Radnaev D.N., Pekhutov A.S., Abiduev A.A. et al. Efficiency of Row Packing when Sowing Grain Crops. AIP Conference Proceedings, 2022, 2661, 130001.

REFERENCES

1. Adler Yu.P. i dr. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij. M.: Nauka, 1976.
2. Kem A.A. Sovershenstvovanie sposobov poseva zernovykh v Zapadnoj Sibiri / Zernovoe hozyajstvo. 2007. № 1. S. 17–19.
3. Kem A.A., Kokorin M.V., Kobayakov N.V., Kuznecov T. Yu. Kombinirovannyj soshnik dlya raznourovneвого poseva semyan i vnesheniya mineral'nyh udobrenij. V sb.: Problemy nauchno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo hozyajstva: proizvodstvo, menedzhment, ekonomika. Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. obuchayushchihsya v magistrature. Institut ekonomiki i finansov FGBOU VPO OmGAU im. P.A. Stolypina. 2014. S. 32–36.
4. Kem A.A., Mihal'cov E.M., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Seyalka dlya raznoglubinnogo poseva zernovykh i vnesheniya mineral'nyh udobrenij. Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2022. T. 16. № 2. S. 62–68
5. Lachuga Yu.F., Konkin M.Yu. Resursosberegayushchaya napravlennoy tekhnicheskoy politiki v sel'skom hozyajstve // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2008. № 1. S. 3–7.

6. Mel'nikov S.V. i dr. Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skohozyajstvennyh processov / 2-e izd. pererab. i dop. L.: Kolos, 1980.
7. Mudarisov S.G. Modelirovanie processa vzaimodejstviya rabochnih organovs pochvoj. Traktory sel'skohozyajstvennye mashiny. 2005. № 7. S. 27–30.
8. Mudarisov S.G., Muhametdinov A.M. Rezul'taty polevyh ispytaniy kombinirovannogo soshnika. V sbornike: Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu. Materialy L Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. Redaktor: N.S. Sergeev. 2011. S. 171–175.
9. Muhametdinov A.M., Mudarisov S.G., Yamaletdinov M.M. Razrabotka matematicheskoy modeli processa vzaimodejstviya kombinirovannogo soshnika s pochvoj. Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2013. № 17. S. 84–89.
10. Orlova L.V. Analiz vnedreniya resursosberegayushchih tekhnologij v Rossii / Dostizheniya nauki i tekhniki APK. № 6. 2005. S. 2–5.
11. Radnaev D.N., Tumurhonov V.V., Prokop'ev S.N. Pochvoobrabatyvayushchaya posevnaya mashina. Patent na poleznuyu model' RU № 103695 U1, 27.04.2011. Zayavka № 2010143380/21 ot 22.10.2010
12. STO AIST 5.6-2010. Ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Mashiny posevnye i posadochnye. Pokazateli naznacheniya. Obshchie trebovaniya [Tekst]. Vved. 2011-04-15. M.: Standartinform, 2011.
13. Tihomirov V.B. Matematicheskie metody planirovaniya eksperimentov pri izuchenii netkanyh materialov. M: Lyogkaya industriya, 1968. 156 s.
14. Radnaev D.N., Pekhutov A.S., Abiduev A.A. et al. Efficiency of Row Packing when Sowing Grain Crops. AIP Conference Proceedings, 2022, 2661, 130001.

Поступила в редакцию 20.02.2023

Принята к публикации 06.03.2023 •

К сведению авторов!

При подготовке статей для журнала «Вестник российской сельскохозяйственной науки» мы рекомендуем руководствоваться следующими правилами:

- Направлять в редакцию материалы по эл. почте – vrnsn@vestnik-rsn.ru с решением Ученого совета института (учреждения) о возможности опубликования представленной НИР и с рецензией ведущих ученых.
- Статья не должна **превышать 25 стр. компьютерного набора через два интервала (Word 2000)** с рисунками и таблицами. Необходимо указать ученые степени авторов, адрес института с индексом.
- Рисунки (графический материал) следует присылать по возможности в черно-белом цвете.
- Формулы, символы в текст необходимо вписывать четко, в электронном виде (редактор формул версия 3.01), избегайте громоздких обозначений.
- Желательно определить индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).
- Необходим перевод на английский язык ученых степеней авторов, названия института, организации, адреса.
- Список источников (не более 20 наименований) помещайте в конце статьи по алфавиту на русском языке, сначала - отечественных, затем – зарубежных авторов, с соответствующими ссылками в тексте (образец списка источников в приложении). Необходимы ссылки на журналы, входящие в базу данных Scopus и Web of Science.
- Цитируемость на свои работы – не более 15%, приветствуется наличие иностранных источников.
- К статье напишите реферат объемом 200-250 слов на русском и на английском языках.
- **Обязательное наличие ключевых слов на русском и английском языках.** В случае описания региональных специфик, регион должен тоже быть ключевым словом.
- **Публикация платная, цена договорная.** Оплата возможна по договору с юридическим или физическим лицом.
- **Просьба указывать в контактах почтовый и электронный адреса, телефоны.**

Журнал рассылается только по подписке, в розничную продажу не поступает.

**Оформление списка источников для журнала
«Вестник российской сельскохозяйственной науки»**

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев А.М., Кравченко Л.В., Наумова Л.Г., Ганич В.А. Донские аборигенные сорта винограда. 2-е изд., перераб. и доп. Новочеркасск, 2013. 132 с. ISBN: 978-5-85633-033-4.
2. Дзюбенко Н.И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России // Вестник Российской академии наук. 2015. №85(1). С. 3–8. doi: 10.7868/S0869587315010041
3. Романишин П.Е., Попандопуло В.Г., Якименко Е.Н. и др. Технологическая направленность донских аборигенных сортов винограда в условиях Кубани. Мат. Межд. конф. Повышение конкурентоспособности продукции виноградарства и виноделия на основе создания новых сортов и технологий. Новочеркасск, 2012. С.187-190.
4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No.1. PP. 1-8. doi:10.5073/vitis.2018.57.1-8

REFERENCES

1. Aliev A.M., Kravchenko L.V., Naumova L.G., Ganich V.A. Donskie aborigennye sorta vinograda. 2-e izd., pererab. i dop. Novocherkassk, 2013. 132 s. ISBN: 978-5-85633-033-4.
2. Dzyubenko N.I. Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij – osnova prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2015. №85(1). S. 3–8. doi: 10.7868/S0869587315010041.
3. Romanishin P.E., Popandopulo V.G., Yakimenko E.N. i dr. Tekhnologicheskaya napravlennost' donskih aborigennyh sortov vinograda v usloviyah Kubani. Mat. Mezhdun. konf. Povyshenie konkurentosposobnosti produkcii vinogradarstva i vinodeliya na osnove sozdaniya novyh sortov i tekhnologij. Novocherkassk. 2012. S.187-190.
4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No.1. PP. 1-8. doi:10.5073/vitis.2018.57.1-8

Соответствие рубрики журнала Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени:

1. Растениеводство и селекция, Земледелие (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство);
2. Зоотехния, Ветеринарная энтомология (4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных);
3. Процессы и машины агроинженерных систем (4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса).

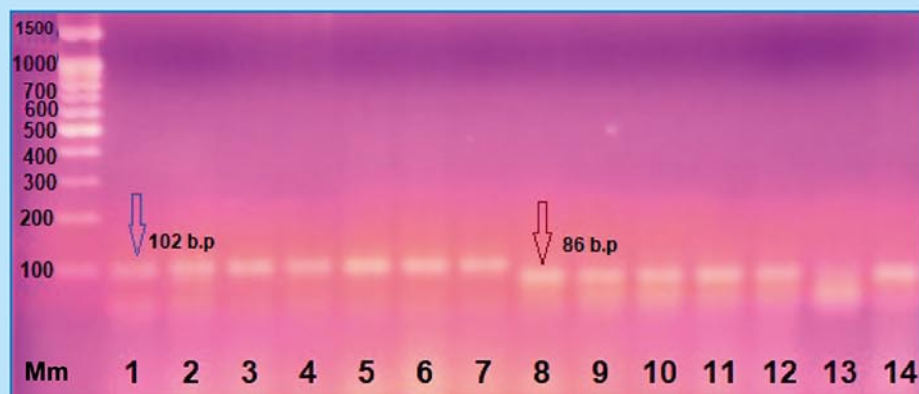


Рис. 1. Визуализация продуктов амплификации по локусу RM 7481 на донорных и рецессивных формах риса. Мт – маркер молекулярной массы рBR322/BsuR I (поставщик – компания Хеликон, Россия); 1. *Khan Dan*; 2. *TDK-1*; 3. *CR 1009*; 4. *SwarnaSub1*; 5. *IR-64*; 6. *BR-11*; 7. *Inbara-3*; 8. *КП-23*; 9. *Контакт*; 10. *Боярин*; 11. *КП-25*; 12. *КП-163*; 13. *Флагман*; 14. *Ленарис*.



Рис. 2. Результаты ПЦР-анализа по локусу RM7481 гибридной комбинации *КП-163* × *Khan Dan*. Мт – маркер молекулярной массы 100 бр + 1,5 Kb (поставщик – компания Синтол, Россия); 121–135 – гибридные растения F2 поколения; Kh – сорт-донор *Khan Dan*; КП – линия *КП-163* (материнская форма).



Рис. 3. Визуализация продуктов амплификации по локусу PrC3. Мт – маркер молекулярной массы 100 бр + 1,5 Kb; 1. *Khan Dan*; 2. *TDK-1*; 3. *CR 1009*; 4. *SwarnaSub1*; 5. *IR-64*; 6. *BR-11*; 7. *Inbara-3*; 8. *КП-23*; 9. *Контакт*; 10. *Боярин*; 11. *КП-25*; 12. *КП-163*; 13. *Флагман*; 14. *Ленарис*.

Рисунки к статье Зенкиной К.В., Асеевой Т.А. «Продуктивность пшеницы и тритикале яровых форм в зоне рискованного земледелия» (стр. 13)



Рис. 1. Агрометеорологические условия, 2015–2022 годы.

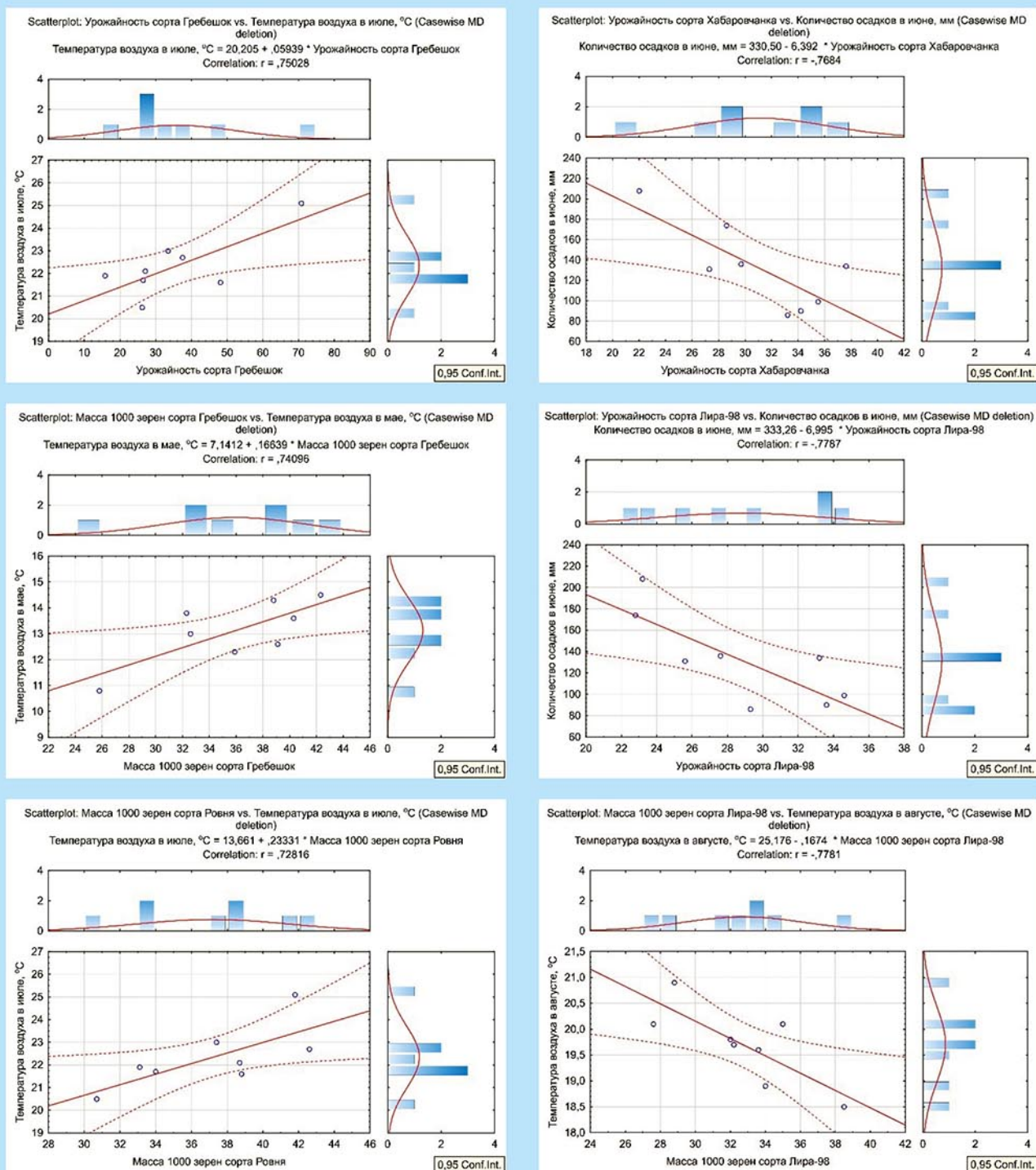


Рис. 2. Коэффициенты корреляции между параметрами продуктивности сортов пшеницы и тритикале и агрометеорологическими условиями.