

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья

УДК 633.111.3:631.526.32

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-21-32



Селекционное улучшение яровой шарозерной пшеницы *Triticum sphaerococcum* Percival в условиях Средневолжского региона

Дам. Ф. Асхадуллин¹, Дан. Ф. Асхадуллин¹, Н. З. Василова¹, М. Р. Тазутдинова¹, И. И. Хусаинова¹, Г. Р. Гайфуллина¹,
Е. С. Кириллова¹, Н. С. Лысенко²

¹ Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук,
Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Казань, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Дамир Фидусович Асхадуллин, damir.askhadullin@knc.ru

Актуальность. *Triticum sphaerococcum* Percival – шарозерная пшеница – обладает рядом положительных характеристик: округлая форма зерновки, отличные хлебопекарные качества, устойчивость к полеганию, но создание коммерческих сортов этого вида сложно реализуемо из-за низкой продуктивности. Основная проблема для селекционного использования *T. sphaerococcum* – сильный плейотропный эффект круглозерности и компактности колоса, обусловленный соответственно генами *S-D1*, *C2*. Вместе с ними наследуются и негативные признаки, свойственные этому виду: мелкое зерно, низкая продуктивность колоса.

Материал и методы. Материал для исследований представлен пятью образцами *T. sphaerococcum* из коллекции ВИР, а также перспективными линиями яровой шарозерной пшеницы селекции Татарского НИИСХ и сортами яровой мягкой пшеницы, являющимися стандартами в Средневолжском сельскохозяйственном регионе. Изучение и селекционная проработка материала осуществлялись по традиционным методикам в селекции яровой мягкой пшеницы. Поражение растений основными болезнями оценивали в соответствии с методическими указаниями ВИР. Мукомольно-хлебопекарные качества зерна оценивали по общепринятым методикам и ГОСТам.

Результаты. В результате селекционной работы были получены конкурентоспособные линии шарозерной пшеницы. Показано, что созданные линии значительно превосходят по урожайности и устойчивости к основным грибным болезням исходные образцы шарозерной пшеницы, но уровень зерновой продуктивности созданных линий был ниже стандартного сорта мягкой пшеницы 'Йолдыз'. Подтверждены высокие качественные показатели муки и зерна шарозерной пшеницы. Получен патент на сорт яровой шарозерной пшеницы 'Сакара'.

Ключевые слова: грибные болезни, элементы структуры урожая, урожайность, качество, пшеница-улучшитель

Благодарности: работа выполнена в рамках государственных заданий по тематическим планам: ВИР, проект № FGEM-2022-009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве»; ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка сберегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды» и проекта «Создание селекционно ценных генотипов яровой шарозерной пшеницы». Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Асхадуллин Дам.Ф., Асхадуллин Дан.Ф., Василова Н.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р., Кириллова Е.С., Лысенко Н.С., 2023. Селекционное улучшение яровой шарозерной пшеницы *Triticum sphaerococcum* Percival в условиях Средневолжского региона. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(1):21-32. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-21-32

© Асхадуллин Дам.Ф., Асхадуллин Дан.Ф., Василова Н.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р., Кириллова Е.С., Лысенко Н.С., 2023

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-21-32

Breeding improvement of spring Indian dwarf wheat *Triticum sphaerococcum* Percival under the conditions of the Middle Volga Region

Damir F. Askhadullin¹, Danil F. Askhadullin¹, Nurania Z. Vasilova¹, Muhabbat R. Tazutdinova¹, Ilsina I. Khusainova¹, Gulnar R. Gayfullina¹, Elena S. Kirillova¹, Natalia S. Lysenko²

¹ Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, Kazan, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Damir F. Askhadullin, damir.askhadullin@knc.ru

Background. Indian dwarf wheat (*Triticum sphaerococcum* Percival) has positive traits: round grain shape, excellent flour and grain quality, and a short stem, but it is difficult to develop cultivars of this species due to low productivity. The main problem in the improvement of *T. sphaerococcum* is the pleiotropic effect of grain roundness and ear compactness caused by the *S-D1* and *C2* genes. These genes are inherited together with negative features peculiar to this species: small grain, and low ear productivity. This paper presents the results of breeding improvement of Indian dwarf wheat from the VIR collection.

Materials and methods. The research materials were five *T. sphaerococcum* accessions from the VIR collection, promising lines of Indian dwarf wheat released by the Tatar Research Institute of Agriculture, and regional reference cultivars. Conventional methods of spring bread wheat breeding were applied. Evaluation of main diseases was based on VIR's methodological guidelines. Baking qualities were assessed using generally accepted methods and standards adopted in Russia.

Results. The work resulted in producing competitive lines of *T. sphaerococcum* which surpassed the original accessions in yield and resistance to main fungal diseases, but their grain yield was lower than that of the reference bread wheat cultivar 'Yoldyz'. High flour and grain quality levels of Indian dwarf wheat were confirmed. A patent was obtained for the Indian dwarf wheat cultivar 'Sakara'.

Keywords: fungal diseases, yield structure components, yield, quality, wheat modifier

Acknowledgments: the research was performed within the frameworks of the state tasks according to the theme plans of: VIR, Project No. FGEM-2022-009 "Structuring and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and groat crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production";

Tatar Research Institute of Agriculture, KazSC RAS, "Ecogenetic approaches to the development and conservation of plant and animal resources, expansion of their adaptive potential and biodiversity, and development of conservation agrotechnologies in order to increase the production sustainability of high-quality products and achieve safety for human health and the environment", and the project "Development of Indian dwarf wheat genotypes valuable for breeding".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Askhadullin Dam.F., Askhadullin Dan.F., Vasilova N.Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I., Gayfullina G.R., Kirillova E.S., Lysenko N.S. Breeding improvement of spring Indian dwarf wheat *Triticum sphaerococcum* Percival under the conditions of the Middle Volga Region. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):21-32. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-21-32

Введение

Пшеница шарозерная (*Triticum sphaerococcum* Per-cival) – гексаплоидный голозерный вид пшеницы с характерной шаровидной формой зерновки (Dorofeev et al., 1987). Основной интерес к виду обусловлен высокими мукомольно-хлебопекарными качествами, высоким содержанием белка и клейковины в зерне. Отсутствие значительного рыночного и государственного регулирования цен на сорта и виды пшеницы премиального качества сдерживает селекционную работу с шарозерной пшеницей, так как основной показатель современного сорта – зерновая продуктивность, которая у данного вида ниже, чем у мягкой и твердой пшеницы. В связи с комплексом полезных свойств *T. sphaerococcum* вовлечена в селекционную работу в России и других странах. С 2012 г. в рамках проектов государственных заданий ведется поиск и создание яровых форм, адаптивных к условиям Средневолжского региона. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включены сорта озимой шарозерной пшеницы ‘Шарада’, ‘Еремеевна’, ‘Прасковья’ и ‘Ордынка’, созданные научным коллективом Национального центра зерна (НЦЗ) им. П.П. Лукьяненко (РФ, Краснодарский край). В Польше выведен сорт яровой шарозерной пшеницы ‘Trispa’, защищенный национальным патентом и являющийся продуктом консорциума Ancient Grain (Szczerpanek et al., 2020). В Индии возделывается современный сорт пшеницы с шаровидной зерновкой HD2851 (Pusa Vishesh) (Singh et al., 2007). Селекционные учреждения работают с различными источниками «шарозерности», например в НЦЗ им. Лукьяненко в качестве исходного материала использовалась мутантная шарозерная линия от скрещивания озимой мягкой и твердой пшениц (Bespalova et al., 2015), в Индии – стародавний образец *T. sphaerococcum*.

На сегодняшний день известны три аллеля гена *S-D1*, детерминирующих формирование округлой зерновки у пшеницы. Аллельный вариант *S-D1b* уникален, он детерминирует шарозерность только у образцов шарозерной пшеницы Индии и Пакистана (McIntosh et al., 2000). Эти образцы были выбраны нами в качестве доноров для создания сортов яровой шарозерной пшеницы с высокими технологическими качествами для условий Средневолжского региона.

Цель исследований – оценить созданные линии яровой шарозерной пшеницы по устойчивости к грибным болезням, провести анализ элементов продуктивности полученных линий, оценить соответствие зерна по хлебопекарным и мукомольным свойствам классификационным требованиям «пшеница улучшитель».

Материалы и методы

Полевые опыты были проведены в 2012–2021 гг. на полях экспериментальной базы Татарского НИИСХ, находящихся в северной части Среднего Поволжья (лесистое Татарское Предкамье). Почва опытного участка серая-лесная, тяжелосуглинистая, хорошо окультуренная, реакция почвенного раствора слабокислая – нейтральная. Объектами исследований служили пять образцов *T. sphaerococcum* из Индии (к-23769, к-33748, к-33750) и Пакистана (к-33767, к-45738), полученных из коллекции редких видов пшеницы ВИР, и линии яровых шарозерных пшениц селекции Татарского НИИСХ, обозначаемые индексом Sh. Сортами-стандартами были ‘Са-

кара’, ‘Казанская Юбилейная’, ‘Тулайковская 10’ и ‘Йолдыз’. В качестве материнской формы для улучшения шарозерных образцов была использована устойчивая к мучнистой росе и бурой ржавчине линия яровой мягкой пшеницы К-350-10 селекции Татарского НИИСХ.

Изучение и селекционная проработка материала осуществлялись на основе стандартных методик (Gulyaev, Guzhev, 1987; Askhadullin et al., 2021). Фенологические наблюдения, учеты густоты стояния растений и устойчивости к полеганию проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Methodology of state..., 1989).

Поражение растений основными болезнями оценивали в соответствии с методическими указаниями (Radchenko, 2008). Устойчивость на естественном инфекционном фоне к мучнистой росе (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* Marchal) определяли в фазы «кущение – выход в трубку», «начало колошения» и «молочная спелость» в процентах (Sanin et al., 2008). Степень поражения бурой ржавчиной (возбудитель – *Puccinia triticina* Erikss. (*P. recondita* Rob. ex Desm f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) и стеблевой ржавчиной (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) определяли по шкале R.F. Peterson et al. (1948) в процентах. Мукомольно-хлебопекарное качество зерна оценивали в лаборатории технологии зерна института: содержание белка в зерне на автоматическом анализаторе UDK 152 (VELP Scientifica, Италия) (GOST 10846-91..., 2009); стекловидность на диафаноскопе ДСЗ-2М (Россия) (GOST 10987-76..., 2009); натуру зерна на пурке ПХ-1 (Россия) объемом 1 литр (GOST 10840-64..., 2009); количество клейковины методом ручной отмывки, качество клейковины на приборе ИДК-1 (Россия) (GOST R 54478-2011..., 2012); реологические свойства теста на приборах: альвеограф NG (Chopin Technologies, Франция) (GOST R 51415-99..., 2007) и фаринограф Е (Brabender GmbH & Co KG, Германия) (GOST R 51404-99..., 2007). Хлебопекарную оценку проводили по лабораторным выпечкам без добавления сахара и улучшителей с использованием шкафа расстоечного ШРЛ-065 и шкафа хлебопекарного ШХЛ-065 СПУ (Россия) (GOST 27669-88..., 2007). Для экспресс-тестирования образцов на содержание белка и клейковины в зерне использовали ИК-анализатор Infratec 1275 (FOSS, Дания) (GOST ISO 12099-2017..., 2020). Структуру урожая оценивали методом разбора снопового материала по методике ВИР (Merezhko et al., 1999).

Статистическую обработку результатов исследований проводили на основании рекомендаций, описанных в методике полевого опыта Б. А. Доспехова (Dospikhov, 1985), связь между показателями – с помощью корреляционного отношения Пирсона. Погодные условия представлены агрометеостанцией, находящейся на территории экспериментальной базы Татарского НИИСХ.

Условия проведения опытов

Среднегодовое погодные условия региона благоприятны для возделывания яровых зерновых. Зима холодная, снежная, без частых оттепелей. Лето жаркое, осадки распределяются в течение вегетационного периода неравномерно, часты июльские засухи, когда идет налив зерна пшеницы.

Метеоусловия в период изучения коллекционных образцов шарозерной пшеницы (с 2012 по 2021 г.) имели характерные особенности. До 2017 г. резких колебаний погодных условий в летний период не наблюдалось, в среднем они соответствовали среднегодовым зна-

чениям. С 2017 г. условия весенне-летней вегетации были резко контрастными: 2017 и 2019 г. – с избыточным увлажнением, 2021 г. – экстремально засушливым. Подробная характеристика погодных условий в работе приводится на примере последних пяти лет, резко отличающихся по водно-температурному режиму в период вегетации (табл. 1).

Погодные условия 2017 г. были нетипичными в сравнении со среднемноголетними значениями. В мае среднесуточная температура воздуха составила 10,2°C, что холоднее нормы на 2,8°C. Только в начале II декады июня

среднесуточная температура воздуха перешла через +15,0°C и держалась в этих пределах до середины июля. До конца августа максимальная температура изредка поднималась до 30–31°C. Осадки распределялись в течение вегетационного периода неравномерно. В мае выпало 25 мм осадков, при этом ГТК составил 1,32. В июне выпала среднемесячная норма осадков (65 мм), при этом дождливыми были 15 дней, ГТК составил 1,51, то есть создались условия достаточного увлажнения. В I декаде июля прошли сильные ливни – 79 мм осадков. Сложившиеся погодные условия с пониженными температура-

Таблица 1. Характеристика погодных условий, 2017–2021 гг.

Table 1. Characteristics of weather conditions, 2017–2021

Показатели	Май			Июнь			Июль			Август	
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
2017											
Среднесуточная температура воздуха, °С	10,3	9,3	11,0	12,0	17,2	16,2	16,8	20,5	21	20,1	16,0
Сумма осадков, мм	14,6	6	5	20	30	15	79	11	6	7	1
ГТК	1,3			1,5			1,6			0,2	
2018											
Среднесуточная температура воздуха, °С	12,6	16,3	13,6	12,8	15,2	22,0	22,9	22,2	23,9	20,7	19,4
Сумма осадков, мм	8	0	12	25	9,5	4,5	10	28	0	2	6
ГТК	0,5			0,8			0,5			0,2	
2019											
Среднесуточная температура воздуха, °С	15,9	17,2	15,6	19,3	17,8	18,9	17,3	20,1	17,7	14,5	18,5
Сумма осадков, мм	8	18	15	15	2	25	14,5	37	20	90	3
ГТК	0,9			0,7			1,3			2,8	
2020											
Среднесуточная температура воздуха, °С	14,7	10,8	14,6	16	18,6	15,2	23,6	22,6	20	18,8	14,0
Сумма осадков, мм	11	30	19	30	4	1	8	1	23	25	50
ГТК	1,7			0,7			0,5			2,3	
2021											
Среднесуточная температура воздуха, °С	13,7	22,8	17,4	17,7	21,2	27,6	22,3	23,7	19,9	23,1	–
Сумма осадков, мм	11	0	6	0	3	7,5	4	10	17,5	9,5	–
ГТК	0,3			0,2			0,5			–	
Среднемноголетние значения											
Среднесуточная температура воздуха, °С	10,9	13,0	14,8	16,0	17,1	18,3	19,3	19,7	19,5	18,7	17,4
Сумма осадков, мм	11	11	12	20	21	21	20	20	19	19	18

ми в начале вегетации и дождливыми днями в течение лета увеличили продолжительность межфазного периода «посев – полная спелость» в среднем на 7–10 дней.

Год 2018 был близок по температурному режиму и влагообеспечению к среднемноголетним значениям. Май оказался засушливым, ГТК составил 0,33. Ситуация с погодой улучшилась в начале июня: в первую декаду июня выпало 25 мм осадков, или 125% от нормы. Среднесуточная температура воздуха в июне была ниже нормы на 2,2°C и составила лишь 14,9°C. В июле, во время колошения, осадки выпадали неравномерно, среднесуточная температура в этот период была 23°C и превышала норму на 3,5°C. Начало и середина августа были сухими и теплыми: выпало всего 13 мм осадков.

В 2019 г. погодные условия характеризовались аномально избыточным увлажнением. В период от всходов до полного кущения ГТК составил 1,04, что характеризуется достаточной степенью увлажнения. В июле и ав-

гуля и август выпало 105 мм осадков, что составляло 142% от нормы, при этом температура воздуха была на уровне среднемноголетних значений.

Год 2021 отличался экстремально засушливыми условиями, количество осадков, выпавших за июнь и две декады июля, в общем составило 16,5 мм при норме одной декады июня 20 мм. ГТК за все месяцы вегетации в среднем составил 0,33, то есть соответствовал условиям крайней засухи.

Ранее нами было показано, что в нашей зоне на уровень урожайности рекомендованных к возделыванию сортов яровой мягкой пшеницы сильно влияет водно-температурный режим мая – июня, в этот период закладываются генеративные органы, проходит межфазный период «всходы – колошение» (Vasilova et al., 2015). Такая же тенденция прослеживается и по образцам яровой шарозерной пшеницы, коэффициент корреляции составил $0,69^{***} \pm 0,09$ (рисунок).

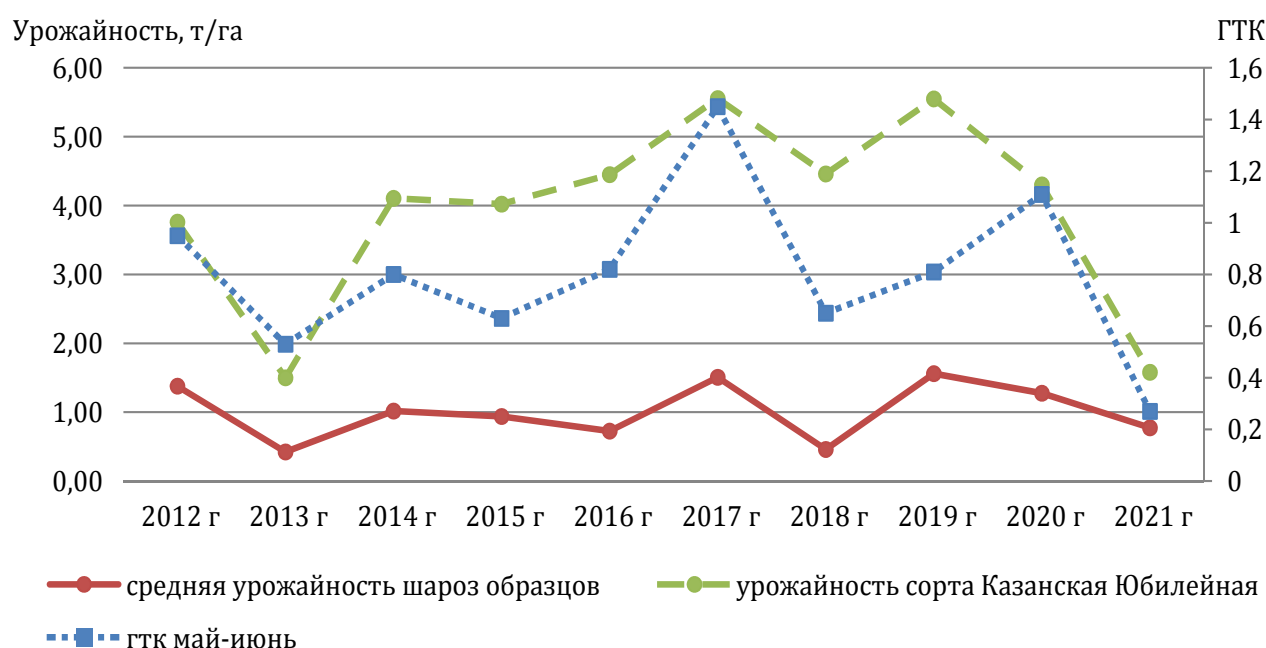


Рисунок. Гидротермический коэффициент (ГТК) мая – июня и средняя урожайность образцов *Triticum sphaerococcum* Percival

Figure. Hydrothermal coefficient (HTC) for May-June and average yield of *Triticum sphaerococcum* Percival accessions

густе наблюдалось избыточное увлажнение. Средняя температура июля (18,4°C) – на уровне среднемноголетних значений, но осадков выпало 71,5 мм, что выше нормы на 21%. В I и II декадах августа среднесуточная температура воздуха составляла 16,5°C при норме 18,1°C, за I–II декаду августа выпало 93 мм осадков, на 151% выше нормы.

Погодные условия в 2020 г. также имели свои характерные особенности, но в целом соответствовали климатической зоне. Первая декада мая была благоприятной для получения хороших всходов: температура выше среднемноголетних значений на 3,8°C, осадки – на уровне среднемноголетних значений. Во II и III декадах мая выпало 49 мм осадков (148% от нормы), среднесуточная температура была на 2,2°C ниже нормы. С 5 июня по 22 июля выпало лишь 24 мм осадков небольшими порциями по 3–5 мм, при этом среднесуточная температура за этот период была на 1,4°C выше нормы. За III декаду

Результаты и обсуждение

Предселекционное изучение коллекционных образцов шарозерной пшеницы указывает на их низкую зерновую продуктивность в сравнении с широко возделываемыми сортами яровой мягкой пшеницы 'Казанская Юбилейная' и 'Тулайковская 10', «сильными» по качеству. Продуктивность образцов шарозерной пшеницы в среднем по годам ниже на 72–73%. Во все годы отмечается сильное поражение мучнистой росой, в годы эпифитотий – бурой и стеблевой ржавчинами; эпифитотии желтой ржавчины и полегание посевов не отмечались во все годы наблюдений. Наступление фазы «колошение» у изучаемых образцов соответствовало среднепоздней группе сортов (табл. 2).

Скрининг образцов на восприимчивость к грибным листовым болезням за все годы показал сильную восприимчивость шарозерной пшеницы к мучни-

Таблица 2. Характеристика образцов *Triticum sphaerococcum* Percival из коллекции ВИР по хозяйственно ценным признакам (Казань, 2012–2021 гг.)**Table 2. Useful agronomic character values for *Triticum sphaerococcum* Percival accessions from the VIR collection (Kazan, 2012–2021)**

№ по каталогу ВИР	Происхождение	Степень поражения, %			Продолжитель- ность периода «всходы – колошение», дней	Урожайность, т/га	
		<i>Blumeria graminis</i>	<i>Puccinia trititica</i>	<i>Puccinia graminis</i>		<i>lim</i>	$\bar{x}$
23769	Индия	15–100	15–80	35–70	41–52	0,31–1,45	0,86
33748	Индия	10–100	5–80	10–70	41–49	0,34–2,26	1,14
33750	Индия	10–100	10–60	20–80	41–49	0,39–2,23	1,3
33767	Пакистан	25–100	10–80	20–70	42–53	0,38–1,79	1,09
45738	Пакистан	15–100	5–70	20–50	40–53	0,26–1,19	0,65
$\bar{x}$					45		1,01
Казанская Юбилейная		10–40	10–50	20–30	40–51	1,50–5,55	3,93
Тулайковская 10		5–65	0–3	10–15	36–51	1,30–5,50	3,59

Примечание: $\bar{x}$ – арифметическая средняя; *lim* – верхний и нижний пределNote: $\bar{x}$ – arithmetic mean; *lim* – upper and lower limits

стой росе. Аналогичные результаты были получены при искусственном заражении популяциями гриба из различных регионов СССР и на инфекционных фонах (Krivchenko, Sukhanberdina, 1977). Как и в опытах других исследователей, подтвердилась высокая восприимчивость к бурой и стеблевой ржавчинам (Yakubtsiner, Dorofeev, 1969; Volkova et al., 2017). В связи с этим в большинстве комбинаций скрещиваний в качестве одного из родителей использовали селекционную линию или продуктивный сорт мягкой пшеницы, иммунный или слабо-восприимчивый к фитопатогенам. При гибридизации *T. sphaerococcum* с *T. aestivum* ожидаемо не выявлено генетической несовместимости.

Первым удачным результатом таких комбинаций стали сестринские линии Sh-359-11-1, Sh-359-11-2, Sh-359-11-5 и Sh-359-11-6, полученные от скрещивания образца к-45738 (*T. sphaerococcum*, Пакистан) с невосприимчивой к мучнистой росе и бурой ржавчине линией K-350-10. Эти линии отличались более высокой урожайностью, меньшей восприимчивостью к грибным листовым болезням. Практически все полученные линии по скороспелости отнесены нами в группу среднепоздних, кроме линии Sh-359-11-2 (среднеспелая группа). Линия Sh-359-11-5 имеет преимущество над другими линиями по продуктивности, но уступает стандартному для зоны высокопродуктивному сорту яровой мягкой пшеницы 'Йолдыз' на 34,4%. Линия Sh-359-11-5 на естественном инфекционном фоне слабо восприимчива к бурой ржавчине и умеренно восприимчива к стеблевой ржавчине и мучнистой росе. У всех линий урожайность за годы испытания стабильна, коэффициент вариации не превышает 24% (табл. 3).

Элементы структуры урожая созданных линий и возделываемых в регионе сортов яровой мягкой пшеницы сильно различаются: растения линий низкорослые, не превышают в среднем 54,1 см; имеют небольшую сред-

нюю длину подколосовой части стебля, которая варьирует от 13 до 26 см; коэффициент плотности колосьев (по Персивалю) применительно к виду *T. sphaerococcum* соответствует колосьям рыхлым или средней плотности; зерновка формируется мелкая, масса 1000 зерен не превышает 29 г (табл. 4).

Для решения тактических задач селекционного улучшения и обоснования фенотипической модели оптимального для зоны сорта шарозерной пшеницы было проведено изучение вклада основных элементов структуры урожая в зерновую продуктивность. По изученным параметрам, у созданных линий имеется существенная связь урожайности зерна с высотой растения ($r = 0,73 \pm 0,3^*$), массой 1000 зерен ($r = 0,73 \pm 0,03^{***}$) и озерненностью главного колоса ($r = 0,71 \pm 0,03^{***}$). Продуктивная кустистость не вносит ощутимый вклад в продуктивность растения, формируются в основном растения с одним продуктивным стеблем, что также свойственно сортам яровой мягкой пшеницы, возделываемым в регионе (Vasilova et al., 2015). Плотность колоса у *T. sphaerococcum* оказывает непосредственное влияние на зерновую продуктивность, особенно у образцов, имеющих меньшую массу 1000 зерен, где сопряженность с урожайностью достигает $r = -0,81 \pm 0,1^{***}$; следовательно, предпочтительнее формирование более рыхлого колоса. Длина подколосовой части стебля до верхнего междоузлия в нашей погодно-климатической зоне является основным признаком засухоустойчивости растений яровой мягкой пшеницы и сильно коррелирует с урожайностью на богаре (Vyushkov et al., 2012). Корреляционная связь длины верхнего междоузлия с продуктивностью у изучаемых шарозерных линий варьирует от сильной до средней (табл. 5).

Приведенные данные указывают на возможность эффективной реконструкции растений вида. Для условий Средневолжского региона необходим отбор более высо-

Таблица 3. Характеристика линий *Triticum sphaerococcum* Percival по хозяйственно ценным признакам
(Казань, 2018–2020 гг.)**Table 3.** Useful agronomic character values for *Triticum sphaerococcum* Percival lines
(Kazan, 2018–2020)

Сорт / линия	Поражение болезнями в годы эпифитотий			Продолжительность периода «всходы – колошение», дни	Средняя урожайность	
	<i>Blumeria graminis</i> интенсивность поражения, %	<i>Puccinia triticensis</i> степень поражения, %	<i>Puccinia graminis</i> степень поражения, %		$\bar{X}$, т/га	C_v , %
Йолдыз, st	65	5	30	37–47	3,49	21
Сакара (Sh-359-11-5)	40	5	15	44–52	2,29	20
Sh-359-11-1	25	40	30	42–52	1,59	15
Sh-359-11-2	25	60	20	39–47	2,04	22
Sh-359-11-6	25	60	20	40–51	1,85	24
НСП _{0,5}					0,35	

Таблица 4. Характеристика основных элементов структуры урожая у селекционных линий, 2018–2020 гг.**Table 4.** Values of main yield structure components in breeding lines, 2018–2020

Сорт / линия	Высота растения		Длина верхнего междоузлия		Число зерен в главном колосе		Плотность колоса		Масса 1000 зерен	
	$\bar{X}$, см	C_v , %	$\bar{X}$, см	C_v , %	$\bar{X}$, шт	C_v , %	$\bar{X}$	C_v , %	$\bar{X}$, г	C_v , %
Йолдыз, st.	78,6	6	31,7	8	27,6	13	22	3	39,4	10
Сакара (Sh-359-11-5)	60,7	8	17,1	23	29,2	11	35	9	26,5	14
Sh-359-11-1	44,9	11	24,8	11	24,8	11	38	5	26,7	9
Sh-359-11-2	55,1	10	25,7	25	25,7	13	30	8	29,0	11
Sh-359-11-6	55,8	11	13	21	24,7	21	36	10	26,3	13
$\bar{X}$, Sh	54,1		20,1		26,1		35		27,1	

Примечание: C_v – коэффициент вариации; $\bar{X}$ – арифметическая средняя; $\bar{X}$, Sh – арифметическая средняя для шарозерных линийNote: C_v – coefficient of variation; $\bar{X}$ – arithmetic mean; $\bar{X}$, Sh – arithmetic mean for Indian dwarf wheat lines**Таблица 5.** Характер связи элементов структуры растения с урожаем зерна у селекционных линий**Table 5.** Relationships between yield structure components and grain yield in breeding lines

Сорт / линия	Число продуктивных побегов, шт.	Высота растений, см.	Длина подколосовой части стебля, см	Масса 1000 зерен, шт.	Плотность колоса	Число зерен в главном колосе, шт.
Сакара (Sh-359-11-5)	$0,53 \pm 0,11^{**}$	$0,88 \pm 0,06^{***}$	$0,76 \pm 0,08^{***}$	$0,89 \pm 0,06^{***}$	$-0,77 \pm 0,08^{***}$	$0,82 \pm 0,07^{***}$
Sh-359-11-1	$0,11 \pm 0,17^{*}$	$0,92 \pm 0,07^{***}$	$0,88 \pm 0,08^{***}$	$0,73 \pm 0,11^{***}$	$-0,64 \pm 0,13^{**}$	$0,88 \pm 0,08^{***}$
Sh-359-11-2	$0,021 \pm 0,17^{*}$	$0,38 \pm 0,15^{*}$	$0,73 \pm 0,11^{***}$	$0,67 \pm 0,12^{**}$	$-0,62 \pm 0,13^{**}$	$0,73 \pm 0,11^{***}$
Sh-359-11-6	$0,44 \pm 0,15^{**}$	$0,48 \pm 0,15^{*}$	$0,43 \pm 0,15^{*}$	$0,75 \pm 0,11^{***}$	$-0,81 \pm 0,1^{***}$	$0,43 \pm 0,15^{*}$
Средняя	$0,31 \pm 0,12^{*}$	$0,73 \pm 0,3^{*}$	$0,63 \pm 0,03^{***}$	$0,73 \pm 0,03^{***}$	$-0,64 \pm 0,03^{***}$	$0,71 \pm 0,03^{***}$

Примечание: * – уровень значимости 0,05; ** – уровень значимости 0,01; *** – уровень значимости 0,001

Note: * – significance level of 0.05; ** – significance level of 0.01; *** – significance level of 0.001

ких растений по сравнению с исходными образцами, растения должны иметь более рыхлый колос (коэффициент плотности колоса должен быть равен или меньше 30), необходимо стремиться к увеличению массы 1000 зерен и озерненности колоса.

Наша почвенно-климатическая зона благоприятна для стабильного получения зерна высокого качества (Vasilova et al., 2016), но увеличение доли в посевных площадях высокопродуктивных сортов, которые, за редким исключением, характеризуются посредственным качеством, отражается на хлебопекарных и биологических свойствах продуктов питания, получаемых из такого зерна. Возделывание высококачественной «сильной» пшеницы и использование ее для улучшения партий зерна удовлетворительного качества является одним из путей решения проблемы.

Известно, что *T. sphaerococcum* формирует урожай превосходящего качества. Результаты анализа, проведенного В. Г. Конаревым (Konarev, 1980), выявили содержание белка во всех коллекционных образцах *T. sphaerococcum* от 15,4 до 21,1% при сравнительно богатом содержании лизина (от 0,230 до 0,470 г на 100 г зерна). Содержание белка и клейковины является определяющим при включении сортов пшеницы в качественную группу. Исследованные нами образцы шарозерной пшеницы на ИК-анализаторе характеризуются повышенным содержанием белка и клейковины. Сорт мягкой пшеницы 'Тулайковская 10', являясь сортом-улучшителем для партий зерна плохого качества, несколько уступает шарозерным пшеницам по этим показателям (табл. 6).

риод уборки и от плодородия почвы. Несбалансированное почвенное питание и затягивание с уборкой в 2018 г. сказалось на уровне стекловидности зерна, которая не соответствовала классификационным нормам для сильной пшеницы; в 2019 г. стекловидность была на уровне сорта 'Тулайковская 10' и соответствовала «отличному улучшителю».

Содержание белка – наиболее информативный показатель целового использования зерна. У линий шарозерной пшеницы этот показатель был значительным и колебался по годам от 16,6 до 18,4%.

Количество и качество клейковины – важнейшие факторы хлебопекарных свойств пшеницы. Содержание сырой клейковины в зерне в 2018 г. составило в среднем 29,7%, на уровне «удовлетворительного улучшителя». В 2019 г. изучаемые линии характеризуются высоким содержанием клейковины – от 32,1 до 38,9%, в пределах первой группы качества.

Разжижение теста у изучаемых линий шарозерной пшеницы соответствовало сортам-улучшителям только в 2018 г., типичном по погодным условиям для Средневолжского региона.

Водопоглотительная способность муки (ВПС) показывает количество воды, использованной на замес требуемой консистенции теста по шкале фаринографа. Этот показатель был меньше ограничительной нормы 63% только у линии Sh-359-11-2.

Валориметрическая оценка – величина площади, занимаемой под фаринограммой. В годы изучения валориметрическая оценка в среднем у линий шарозерной пше-

Таблица 6. Содержание белка и клейковины в зерне у образцов *Triticum sphaerococcum* Percival, 2017–2020 гг.

Table 6. Protein and gluten content in the grain of *Triticum sphaerococcum* Percival accessions, 2017–2020

№ по каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Содержание белка, %		Содержание клейковины, %	
			$\bar{x}$	<i>lim</i>	$\bar{x}$	<i>lim</i>
63714	Тулайковская 10	Самарская обл.	14,1	13,2–15,0	27,2	22,9–30,5
23769	–	Индия	16,5	15,8–18,2	32,0	29,2–34,5
33748	Desi	Индия	17,6	16,6–18,2	35,5	32,1–37,5
33750	Desi	Индия	16,7	15,9–17,3	32,3	28,3–36,1
33767	–	Пакистан	15,1	14,3–16,1	31,9	29,2–34,6
45738	–	Пакистан	17,1	16,8–17,4	33,1	28,7–37,1

Примечание: $\bar{x}$ – арифметическая средняя; *lim* – верхний и нижний предел

Note: $\bar{x}$ – arithmetic mean; *lim* – upper and lower limits

В течение двух лет у созданных линий *T. sphaerococcum* исследовали мукомольно-хлебопекарные качества в сравнении с сортом мягкой пшеницы 'Тулайковская 10', характеризующимся отличными хлебопекарными свойствами (табл. 7).

Натура зерна является одним из критериев качества зерна. Все испытанные линии уступают по этому показателю сорту 'Тулайковская 10'. Натурный вес зерна во влажном 2019 г. у образцов шарозерной пшеницы сильно снизился, только более скороспелая линия Sh-359-11-2 соответствовала нормам для пшеницы-улучшителя.

Показателем качества зерна является общая стекловидность, сильно зависящая от погодных условий в пе-

ницы соответствовала сортам-улучшителям и составила в 2018 г. 91 е. вал., в 2019 г. – 73 е. вал.

Сила муки у созданных линий значительная, соответствующая пшеницам-улучшителям. Максимальная сила муки отмечена у сорта 'Сакара' урожая 2019 г. (807 е.а.). На сбалансированность теста указывает отношение упругости к растяжимости, которая соответствовала «пшеницам-улучшителям» у линий шарозерной пшеницы в 2019 г. В 2018 г. по этому показателю пшенице-улучшителю соответствовала только линия Sh-359-11-2.

Полученные линии шарозерной пшеницы по большинству показателей соответствуют «отличному улучшителю». Низкая натурная масса зерна косвенно указы-

Таблица 7. Показатели качества линий *Triticum sphaerococcum* PercivalTable 7. Quality indicators of *Triticum sphaerococcum* Percival lines

Сорт / линия	Натура, г/л	Общая стекловидность, %	Белок, %	Количество сырой клейковины, %	Качество клейковины, е. ИДК	Разжижение теста, е. ф.	ВПС, %	Валориметрическая оценка, е. вал.	Сила муки, W e. а.	Показатель формы кривой алев. (P/L)
Урожай 2018 г.										
Тулайковская 10	822	62	14,5	26,8	–	25	62	81	409	0,6
Сакара (Sh-359-11-5)	799	51	16,6	28,5	–	25	65,1	95	332	3,1
Sh-359-11-1	789	52	17,6	28,9	–	30	68,9	91	369	2,5
Sh-359-11-2	802	52	17,0	30,1	–	35	61,6	85	295	1,9
Sh-359-11-6	798	53	17,3	31,2	–	30	65,5	92	334	2,9
Урожай 2019 г.										
Тулайковская 10	823	75	14,3	27,8	–	–	–	–	–	–
Сакара (Sh-359-11-5)	720	76	18,3	36,3	69	58	71,1	67	807	1,5
Sh-359-11-1	749	68	18,4	38,9	77	43	68,0	78	465	1,2
Sh-359-11-2	760	62	16,8	32,1	79	50	61,1	71	313	0,8
Sh-359-11-6	745	73	16,8	33,7	73	58	64,5	77	537	1
Классификационные нормы для «сильной» пшеницы, используемые для характеристики сортов пшеницы по хлебопекарным качествам										
Отличный улучшитель	≤ 750	≤ 60	≤ 16	≤ 32	45–75	> 30	≤ 63	≤ 85	≤ 500	0,8–1,5
Хороший улучшитель	≤ 750	≤ 60	≤ 15	≤ 30	45–75	> 50	≤ 63	≤ 80	≤ 400	0,8–1,5
Удовлетворительный улучшитель	≤ 750	≤ 60	≤ 14	≤ 28	45–75	> 60	≤ 63	≤ 70	≤ 280	0,7–2,0

вает на небольшой выход муки, что не согласуется с данными многих авторов о высоком выходе муки из зерна шарозерных пшениц. Общая хлебопекарная оценка при выпечке без улучшителей в среднем за два контрастных по погодным условиям года составила 4,6 балла и соответствовала «хорошему улучшителю».

Заключение

Проведенное селекционное улучшение эндемичных образцов *T. sphaerococcum* указывает на значительные сдвиги в повышении урожайности созданных линий. Значительно снизилась восприимчивость к основным грибным болезням. Корреляционный анализ структурных элементов продуктивности полученных линий шарозерной пшеницы выявил тесные связи с урожайностью. Повышение урожайности идет в основном за счет увеличения массы зерновок и количества зерен в главном колосе. Эти признаки должны постоянно находиться под давлением отбора. В гибридном потомстве шарозерной пшеницы при отборах растений необходимо также уделять внимание более высоким растениям со средней высотой не менее 60 см, отдавать предпочтение рыхлым

колосам. У созданных линий шарозерной пшеницы формируется урожай отличного качества, соответствующий по большинству показателей «отличному улучшителю».

На основании многолетнего изучения созданных линий был выведен и передан на Государственное сортоиспытание сорт яровой шарозерной пшеницы 'Сакара', который включен в 2019 г. в список охраняемых селекционных достижений (Vasilova et al., 2021).

References / Литература

- Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Vasilova N.Z., Lysenko N.S. Prospects of creating Indian dwarf wheat varieties *Triticum sphaerococcum* Perciv. based on samples endemic to the Hindustan peninsula. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2021;81(3):383-391. DOI: 10.31742/IJGPB.81.3.5
- Bespalova L.A., Borovik A.N., Kolesnikov F.A., Miroshnichenko T.Yu. Stages and results of breeding of *sphaerococcum tritcale* (*T. sphaerococcum* Perc.) in Krasnodar RIA after P.P. Lukyanenko. *Grain Economy of Russia*. 2015;(2):40-44. [in Russian] (Беспалова Л.А., Боровик А.Н., Колес-

- ников Ф.А., Мирошниченко Т.Ю. Этапы и результаты селекции шарозерной пшеницы (*T. sphaerococcum* Pers.) в Краснодарском НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. *Зерновое хозяйство России*. 2015;(2): 40-44).
- Dorofeev V.F., Filatenko A.A., Migushova E.F., Udachin R.A., Yakubtsiner M.M. Flora of cultivated plants. Vol. 1. Wheat (Kulturnaya flora SSSR. T. 1. Pshenitsa). D.D. Brezhnev (ed.). Leningrad: Kolos; 1979. [in Russian] (Дорофеев В.Ф., Филатенко А.А., Мигушова Э.Ф., Удачин Р.А., Якубцинер М.М. Культурная флора СССР. Т. 1. Пшеница / под ред. Д.Д. Брежнева. Ленинград: Колос; 1979).
- Dorofeev V.F., Udachin R.A., Semenova L.V., Novikova M.V., Gradchaninova O.D., Shitova I.P., Merezkhko A.F., Filatenko A.A. Wheats of the world: species composition, breeding achievements, modern problems, and source material (Pshenitsy mira: vidovoy sostav, dostizheniya selektsii, sovremennyye problemy i iskhodny material). V.F. Dorofeev (ed.). 2nd ed. Leningrad; 1987. [in Russian] (Дорофеев В.Ф., Удачин Р.А., Семенова Л.В., Новикова М.В., Градчанинова О.Д., Шитова И.П., Мережко А.Ф., Филатенко А.А. Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал / под ред. В.Ф. Дорофеева. 2-е изд. Ленинград: Агропромиздат; 1987).
- Dospikhov V.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов В.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985).
- GOST 10840-64. Interstate standard. Grain. Methods for determination of hectolitre weight. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ 10840-64. Межгосударственный стандарт. Зерно. Методы определения гектолитровой массы. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023848> [дата обращения: 10.02.2022].
- GOST 10846-91. Interstate standard. Grain and products of its processing. Method for determination of protein. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ 10846-91. Межгосударственный стандарт. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023864> [дата обращения: 10.02.2022].
- GOST 10987-76. Interstate standard. Grain. Methods for determination of vitreousness. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ 10987-76. Межгосударственный стандарт. Зерно. Методы определения стекловидности. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200024313> [дата обращения: 10.02.2022].
- GOST 27669-88. Interstate standard. Wheat bread flour. Method for experimental laboratory breadmaking. Moscow: Standartinform; 2007. [in Russian] (ГОСТ 27669-88. Межгосударственный стандарт. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. Москва: Стандартинформ; 2007). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022388> [дата обращения: 10.02.2022].
- GOST ISO 12099-2017. Interstate standard. Feed, grain and food processing. Guidelines for the application of near infrared spectrometry. Moscow: Standartinform; 2020. [in Russian] (ГОСТ ISO 12099-2017. Межгосударственный стандарт. Корма, зерно и продукты его переработки. Руководство по применению спектроскопии в ближней инфракрасной области. Москва: Стандартинформ; 2020). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157441> [дата обращения: 10.02.2022].
- GOST R 51404-99 (ISO 5530-1-97). State standard of the Russian Federation. Wheat flour. Physical characteristics of doughs. Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph. Moscow: Gosstandart Rossii; 2007. [in Russian] (ГОСТ Р 51404-99 (ISO 5530-1-97). Государственный стандарт Российской Федерации. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа. Москва: Госстандарт России; 2007). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028477> [дата обращения: 11.02.2022].
- GOST R 51415-99 (ISO 5530-4-91). State standard of the Russian Federation. Wheat flour. Physical characteristics of doughs. Determination of rheological properties using an alveograph. Moscow: Standartinform; 2007. [in Russian] (ГОСТ Р 51415-99 (ISO 5530-4-91). Государственный стандарт Российской Федерации. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение реологических свойств с применением альвеографа. Москва: Стандартинформ; 2007). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028483> [дата обращения: 10.02.2022].
- GOST R 54478-2011. National standard of the Russian Federation. Grain. Methods for determination of quantity and quality of gluten in wheat. Moscow: Standartinform; 2012. [in Russian] (ГОСТ Р 54478-2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. Москва: Стандартинформ; 2012). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200087804> [дата обращения: 11.02.2022].
- Gulyaev G.V., Guzhov Yu.L. Breeding and seed growing of field crops (Selektsiya i semenovodstvo polevykh kultur). Moscow: Agropromizdat; 1987. [in Russian] (Гуляев Г.В., Гужов Ю.Л. Селекция и семеноводство полевых культур. Москва: Агропромиздат; 1987).
- Konarev V.G. Wheat proteins (Belki pshenitsy). Moscow: Kolos; 1980. [in Russian] (Конарев В.Г. Белки пшеницы. Москва: Колос; 1980).
- Krivchenko V.I., Sukhanberdina E.Kh. Physiological races of the fungus *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal in the USSR (Fiziologicheskiye rasy griba *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal na territorii SSSR). *Mycology and Phytopathology*. 1977;11(3):245-247. [in Russian] (Кривченко В.И., Суханбердина Е.Х. Физиологические расы гриба *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal на территории СССР. *Микология и фитопатология*. 1977;11(3):245-247).
- McIntosh R.A., Devos K.M., Dubcovsky J., Rogers W.J. Catalogue of gene symbols for wheat: 2000 Supplement. *Wheat Information Service*. 2000;91:33-70.
- Merezkhko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V., Filatenko A.A., Serbin A.A., Lyapunova O.A., Kosov V.Yu., Kurkiev U.K., Okhotnikova T.V., Navruzbekov N.A., Boguslavskiy R.L., Abdulaeva A.K., Chikida N.N., Mitrofanova O.P., Potokina S.A. Guidelines for the study of the world collection of wheat, *Aegilops* and triticale (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu mirovoy kollektsii pshenitsy, egilopsa i tritikale). A.F. Merezkhko (ed.). St. Petersburg: VIR; 1997. [in Russian] (Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В., Филатенко А.А., Сербин А.А., Ляпунова О.А., Косов В.Ю., Куркиев У.К., Охотникова Т.В., Наврузбеков Н.А., Богуславский Р.Л., Абдулаева А.К., Чикида Н.Н., Митрофанова О.П., Потоккина С.А. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания / под ред. А.Ф. Мережко. Санкт-Петербург: ВИР; 1999).
- Methodology of state crop variety trials. Second issue. Cereals, groats, legumes, maize, and fodder crops (Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystven-

- nykh kultur. Vypusk vtoroy. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kultury). Moscow: Gosagroprom SSSR; 1989. [in Russian] (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва: Госагропром СССР; 1989).
- Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*. 1948;26(5):496-500. DOI: 10.1139/cjr48c-033
- Radchenko E.E. (ed.). Study of cereal crop genetic resources for resistance to pathogenic organisms. Guidelines (Izucheniye geneticheskikh resursov zernovykh kultur po ustoychivosti k vrednym organizmam. Metodicheskoye posobiye). Moscow: Rosselkhozakademiya; 2008. [in Russian] (Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие / под ред. Е.Е. Радченко. Москва: Россельхозакадемия; 2008).
- Sanin S.S., Neklesa N.P., Sanina A.A., Pakholkova E.V. Methodological recommendations for making infected backgrounds for immunogenetic studies of wheat (Metodicheskiye rekomendatsii po sozdaniyu infektsionnykh fonov dlya immunogeneticheskikh issledovaniy pshenitsy). Moscow; 2008. [in Russian] (Санин С.С., Неклеса Н.П., Санина А.А., Пахолкова Е.В. Методические рекомендации по созданию инфекционных фонов для иммуногенетических исследований пшеницы. Москва; 2008).
- Singh B., Tomar S.M.S., Vinod, Sivasamy M., Chowdhary S. Notification of crop varieties and registration of germplasm. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2007;67:305-306.
- Szczepanek M., Lemańczyk G., Lamparski R., Wilczewski E., Graczyk R., Nowak R. et al. Ancient wheat species (*Triticum sphaerococcum* Perc. and *T. persicum* Vav.) in organic farming: influence of sowing density on agronomic traits, pests and diseases occurrence, and weed infestation. *Agriculture*. 2020;10(11):556. DOI: 10.3390/agriculture10110556
- Vasilova N. Z., Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Bagavieva E. Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I. et al. Influence of growth conditions on formation of spring wheat productivity. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2015;29(11):41-43. [in Russian] (Василова Н.З., Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И. и др. Влияние условий выращивания на формирование урожайности яровой мягкой пшеницы. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(11):41-43).
- Vasilova N. Z., Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Bagavieva E. Z., Tazutdinova M.R., Nasihova G.R. et al. Formation of grain quality of spring soft wheat varieties. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30(11):42-44. [in Russian] (Василова Н.З., Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р., Насихова Г.Р. и др. Формирование качества зерна сортов яровой мягкой пшеницы. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(11):42-44).
- Volkova G.V., Kremneva O.Yu., Gladkova E.V., Vaganova O.F., Matveeva I.P., Astapchuk I.L., Khakimova A.G., Lysenko N.S., Mitrofanova O.P. Catalogue of the VIR global collection. Issue 837. Sources of age resistance of winter soft wheat (*Triticum aestivum* L.) and rare hexaploid wheat (*T. compactum* Host. and *T. sphaerococcum* Perciv.) to North Caucasian populations of fungal pathogens. St. Petersburg: VIR; 2017. [in Russian] (Волкова Г.В., Кремнева О.Ю., Гладкова Е.В., Ваганова О.Ф., Матвеева И.П., Астапчук И.Л., Хакимова А.Г., Лысенко Н.С., Митрофанова О.П. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 387. Пшеница. Источники возрастной устойчивости озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и редких гексаплоидных пшениц (*T. compactum* Host. и *T. sphaerococcum* Perciv.) к Северокавказским популяциям возбудителей грибных болезней. Санкт-Петербург: ВИР; 2017).
- Vyushkov A.A., Malchikov P.N., Syukov V.V., Shevchenko S.N. Breeding and genetic improvement of spring wheat (Selektionno-geneticheskoye uluchsheniye yarovoy pshenitsy). Samara: Samara Scientific Center of the RAS; 2012. [in Russian] (Вьюшков А.А., Мальчиков П.Н., Сюков В.В., Шевченко С.Н. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы. Самара: Самарский научный центр РАН; 2012).
- Yakubtsiner M.M., Dorofeev V.F. World wheat resources in the service of Soviet breeding (Mirovye resursy pshe-nitsy na sluzhbe sovetskoy selektsii). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 1969;41(1):44-65. [in Russian] (Якубцинер М.М., Дорофеев В.Ф. Мировые ресурсы пшеницы на службе советской селекции. *Труды по прикладной ботанике генетике и селекции*. 1969;41(1):44-65).

Информация об авторах

Дамир Фидусович Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, 420059 Россия, Казань, Оренбургский тракт, 48, damir.askhadullin@knc.ru, tatnii-rape@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2711-7178>

Данил Фидусович Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, 420059 Россия, Казань, Оренбургский тракт, 48, tatnii-rape@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2606-6735>

Нурания Зуфаровна Василова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, 420059 Россия, Казань, Оренбургский тракт, 48, nurania59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1135-486x>

Мухаббат Рустамджановна Тазутдинова, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, 420059 Россия, Казань, Оренбургский тракт, 48, tazutdinovamuhabbat@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4753-7644>

Ильсина Илнуровна Хусаинова, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, 420059 Россия, Казань, Оренбургский тракт, 48, husainovail823@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0369-6221>

Гульнар Ришатовна Гайфуллина, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, 420059 Россия, Казань, Оренбургский тракт, 48, trulik1917@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0942-8321>

Елена Семеновна Кириллова, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр Российской академии наук, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение КазНЦ РАН, 420059 Россия, Казань, Оренбургский тракт, 48, trulik1917@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2006-5525>

Наталья Сергеевна Лысенко, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 1900000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, n.lysenko@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5976-8634>

Information about the authors

Damir F. Askhadullin, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, subdivision of the KazSC RAS, 48 Orenburgsky Tract, Kazan 420059, Russia, damir.askhadullin@knc.ru, tatnii-rape@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2711-7178>

Danil F. Askhadullin, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, subdivision of the KazSC RAS, 48 Orenburgsky Tract, Kazan 420059, Russia, tatnii-rape@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2606-6735>

Nurania Z. Vasilova, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, subdivision of the KazSC RAS, 48 Orenburgsky Tract, Kazan 420059, Russia, nurania59@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1135-486x>

Muhabbat R. Tazutdinova, Researcher, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, subdivision of the KazSC RAS, 48 Orenburgsky Tract, Kazan 420059, Russia, tazutdinovamuhabbat@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4753-7644>

Ilsina I. Khusainova, Researcher, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, subdivision of the KazSC RAS, 48 Orenburgsky Tract, Kazan 420059, Russia, husainovail823@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0369-6221>

Gulnar R. Gayfullina, Associate Researcher, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, subdivision of the KazSC RAS, 48 Orenburgsky Tract, Kazan 420059, Russia, trulik1917@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0942-8321>

Elena S. Kirillova, Researcher, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Tatar Research Institute of Agriculture, subdivision of the KazSC RAS, 48 Orenburgsky Tract, Kazan 420059, Russia, trulik1917@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2006-5525>

Natalia S. Lysenko, Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, n.lysenko@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5976-8634>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 26.04.2022; принята к публикации 02.03.2023. The article was submitted on 10.03.2022; approved after reviewing on 26.04.2022; accepted for publication on 02.03.2023.