

ХАРАКТЕРИСТИКА ЯРОВОЙ ШАРОЗЕРНОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА САКАРА

Данил Ф. Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Дамир Ф. Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

Н. З. Василова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

М. Р. Тазутдинова, научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

И. И. Хусаинова, научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221;

Г. Р. Гайфуллина, младший научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-0942-8321;

Е. С. Кириллова, научный сотрудник отдела аналитических исследований, ORCID ID: 0000-0003-2006-5525;

Р. Х. Идиатова, младший научный сотрудник отдела аналитических исследований, ORCID ID: 0000-0002-5328-6941

Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, 420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 48

В статье представлены метод создания сорта яровой шарозерной пшеницы (*Triticum sphaerococcum* Percival) Сакара и его характеристика. Целью исследований было показать эффективность проводимой селекционной работы с шарозерной пшеницей на примере сорта Сакара на увеличение зерновой продуктивности и устойчивости к листовым грибным болезням при сохранении высокого качества зерна, свойственного шарозерным пшеницам. Методики исследований были адаптированы для шарозерной пшеницы на основании методик, принятых в селекции яровой мягкой пшеницы. Созданный сорт имеет свойственные виду черты – стебель короткий, прочный, неполегающий и, как следствие, устойчивость к полеганию не ниже 9 баллов, шаровидную форму зерновки при массе тысячи зерен 25,6 г, плотный, не поникающий колос, отличные качественные показатели зерна и муки, по большинству показателей соответствующих ГОСТ 34702-2020 на сильную пшеницу. Вид *T. sphaerococcum* ввиду характерных морфологических особенностей отличается меньшей зерновой продуктивностью, чем *T. aestivum*, урожайность сорта Сакара в среднем за три года испытаний на 34 % меньше, чем у стандартного сорта яровой мягкой пшеницы Йолдыз. Показано, что созданный сорт в нашей почвенно-климатической зоне характеризуется высокой полевой устойчивостью к мучнистой росе (устойчивость в среднем по годам составила 2 балла), бурой ржавчине (отмечались лишь единичные пустулы в годы сильного распространения заболевания). При искусственном заражении семян инкулиумом твердой головки степень поражения сорта этим заболеванием в среднем составила 7 %. Первый в Государственном реестре селекционных достижений сорт яровой шарозерной пшеницы Сакара рекомендован с 2023 г. для возделывания с первого по 12-й регионы.

Ключевые слова: *Triticum sphaerococcum*, селекция, качество, болезни, устойчивость.

Для цитирования: Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Гайфуллина Г. Р., Кириллова Е. С., Идиатова Р. Х. Характеристика яровой шарозерной пшеницы Сакара // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 2. С. 26–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-26-33.



CHARACTERISTICS OF THE INDIAN DWARF WHEAT VARIETY 'SAKARA'

Danil F. Askhadullin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2606-6735;

Damir F. Askhadullin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

N. Z. Vasilova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

M. P. Tazutdinova, researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

I. I. Khusainova, researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221

G. R. Gaifullina, junior researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-0942-8321

E. S. Kirillova, researcher of the department of analytical study, ORCID ID: 0000-0003-2006-5525

R. Kh. Idiatova, junior researcher of the department of analytical study, ORCID ID: 0000-0002-5328-6941

Tatar Research Institute of Agriculture, a separate structural subdivision of the FRC Kazan Research Center RAS, 420059, Republic of Tatarstan, Kazan, Orenburgsky Trakt Str., 48

The current paper has described the method of developing a spring shot wheat variety (*Triticum sphaerococcum* Percival) Sakara and its characteristics. The purpose of the current study was to show the efficiency of the ongoing breeding work with Indian dwarf, using the variety 'Sakara' as an example, to increase grain productivity and resistance to leaf-stem fungal diseases, while maintaining the high grain quality characteristic of shot wheats. Research methods were adapted for shot wheat based on the methods adopted in spring bread wheat breeding. The developed variety has features characteristic for a species, namely a short strong non-lodging stem and, as a result, 9 points of lodging resistance; a shot kernel shape with 25.6 g of 1000-grain weight; a dense, non-drooping head; excellent quality indicators of grain and flour, according to most indicators corresponding to GOST 34702-2020 for strong wheat. The *T. sphaerococcum* species, due to its characteristic morphological features, has a lower grain productivity than *T. aestivum*, mean productivity of the variety 'Sakara' for three years of testing was 34 % less than that of the standard spring bread wheat variety 'Yoldyz'. There has been shown that the developed variety in our soil-climatic zone is characterized by high field resistance to powdery mildew (2 points of resistance on average over the years), leaf rust (there were only single pustules during the years of a strong spread of the disease). With artificial infection of seeds with the inoculum of hard smut, the damage degree of the variety averaged 7 %. The first spring shot wheat variety 'Sakara' has been recommended in the State List of Breeding Achievements since 2023 for cultivation from 1 to 12 regions.

Keywords: *Triticum sphaerococcum*, breeding, quality, diseases, resistance.

Введение. *Triticum sphaerococcum* Percival – голозерный гексаплоидный вид пшеницы, отличительными признаками которого являются сферическая форма зерновки, плотный, не поникающий колос, невысокое компактное растение. Шарозерная пшеница считается древнейшей злаковой культурой. В археологических раскопках слоев эпохи неолита в районе Альпийских озер, проведенных Освальдом Хииром и последующими исследователями, были обнаружены мелкие круглые зерна пшеницы. На основе этого был сделан вывод, что в тот период пшеница со сферической формой зерновки была основным хлебным злаком (Eberwein, 2019). *T. sphaerococcum* сохранялся в земледелии на полуострове Индостан (Пенджаб), а также в соседних исторических областях Агра и Ауд до XX века. Кроме того, Ellerton указывал на еще более широкое распространение данного вида в Индостане – Синд, Восточный Белуджистан и на территории нынешнего штата Индии Мадья-Прадеш (Ellerton, 1939). В настоящее время вид *T. sphaerococcum* в местах обнаружения не возделывается. Прекращение возделывания шарозерной пшеницы в Индии совпадает с началом «зеленой революции», при которой произошла полная сортовая диверсификация пшеницы в сторону высокоурожайных интенсивных яровых мягких пшениц.

Несмотря на то что шарозерная пшеница обладает меньшей урожайностью, чем мягкая и твердая пшеницы, она характеризуется превосходными качественными показателями зерна и муки (Gupta et al., 2021, Кулеватова и др., 2021).

Уникальной особенностью зерна шарозерной пшеницы является высокое накопление фенольных кислот и алкилрезорцинов с множеством полезных для здоровья свойств, поэтому она может быть рекомендовано в качестве добавки при производстве хлебобулочных и макаронных изделий, круп, экструдатов (Skrajda-Brdak et al., 2020).

В связи с комплексом полезных свойств у *T. sphaerococcum* селекционная работа с этим видом активизировалась в некоторых селекционных учреждениях. В России широко представлены сорта озимой шарозерной пшеницы

НЦЗ им. П.П. Лукьяненко. В Польше набирает популярность выведенный консорциумом «Ancient grain» сорт яровой шарозерной пшеницы Trispa.

Формирование округлой зерновки у *T. sphaerococcum* обусловлено наличием либо встречающимся в природе геном «округлозерности» *s1*, локализованным в хромосоме 3D, либо одним или блоком генов с не полностью доминирующим эффектом, индуцированные мутагенезом, особенно химическими мутагенами, нейтронами и рентгеновскими лучами, которые могут быть локализованы также в геноме A и B (Salina et al., 2000). Ген *s1* (синонимы: *S-D1b*, *Tasg-D1*) детерминирует шарозерность у образцов шарозерной пшеницы Индии и Пакистана и двух образцов, отнесенных к виду *T. antiquorum* (McIntosh et al., 2000). Ген *s1* влияет не только на формирование округлой зерновки, но и на совокупность признаков, формирующихся в процессе развития и наследуемых как единое целое: это жесткая короткая соломина, эректоидный флаговый лист, плотный колос, полусферическая колосковая и цветковая чешуи (Salina et al., 2000). Биологическая основа развития круглого зерна у пшеницы *T. sphaerococcum* в значительной степени не была известна. Cheng с соавторами использовали позиционное клонирование для идентификации и функциональной характеристики гена, связанного с формой зерна, обозначенного *Tasg-D1*, вблизи центромеры хромосомы 3 генома D *T. sphaerococcum*. Функциональная характеристика показала, что *Tasg-D1* представляет собой серин/треонинпротеинкиназу гликогенсинтазы киназы 3 (GSK-3). Экспрессия белка GSK нарушает удлинение семян, заставляя растения производить круглые зерна (Cheng et al., 2020).

Цель исследований – показать эффективность проводимой селекционной работы с шарозерной пшеницей на примере сорта Сакара на увеличение зерновой продуктивности и устойчивости к листовостебельным грибным болезням при сохранении высокого качества зерна, собственного шарозерным пшеницам.

Материалы и методы исследований. Объектами исследования служили: сорт яровой мягкой пшеницы Йолдыз (стандарт

для зоны) и сорт яровой шарозерной пшеницы Сакара. Полевые исследования проводили в селекционном севообороте экспериментальной базы Татарского НИИСХ (Лаишевский район, Республика Татарстан). Почва опытных участков серая лесная, тяжелосуглинистая, средне гумусированная, типичная для зоны, реакция почвенного раствора близкая к слабнокислой. Основным методом создания селекционного материала служила межвидовая гибридизация яровой мягкой пшеницы с шарозерной пшеницей. Опыление проводили твел-методом. Движение селекционного материала по питомникам традиционное в селекции яровой мягкой пшеницы с незначительными изменениями (Askhadullin et al., 2021). Результаты испытания сорта в работе приведены за 2020–2022 гг., сорт размещен в питомнике экологического сортоиспытания, площадь делянок 10 м², повторность 4-кратная, норма высева – 6 млн всх. семян/га. Предшественником в 2020 г. была горчица белая на семена, в 2021 г. – фацелия на семена, в 2022 г. – яровая мягкая пшеница.

Степень устойчивости к ржавчинным грибам определяли на естественном инфекционном фоне по шкале Петерсона с соавторами (Peterson et al., 1948), для оценки развития мучнистой росы пшеницы использовали шкалу, предложенную Саари и Прескоттом (Saari and Prescott, 1975). Оценку на устойчивость к твердой головне проводили на изолированном участке с заражением семян перед посевом сборным иноклиумом, по пятибалльной шкале, описанной ранее (Асхадуллин и др., 2022).

Анализ зерна и хлебопекарная оценка были проведены в отделе аналитических исследований Татарского НИИСХ с использованием приборов ЦКП. Экспресс-анализ зерна на содержание белка и клейковины провели с помощью инфракрасного анализатора Infratec 1275 (FOSS, Дания). Содержание белка в зерне определяли по количеству белкового азота на автоматическом анализаторе UDK 152 (VELP Scientifica, Италия) (ГОСТ 10846-91). Натуру зерна определяли на пурке объемом 1 л (ГОСТ 10840), стекловидность – на диафаноскопе (ГОСТ 10987-76).

Количество клейковины определяли методом ручной отмывки, качество клейковины – на приборе ИДК-1 (Россия) (ГОСТ Р 54478-2011). Число падения по ГОСТ ISO 3093-2016 – с использованием прибора Pertern FN 1500 (Pertern, Швеция). Реологические свойства теста оценивались на приборе альвеограф NG (Chopin Technologies, Франция) (ГОСТ Р 51415-99) и фаринограф Е (Brabender GmbH & Co KG, Германия) (ГОСТ ISO 5530-1-2013). Хлебопекарную оценку проводили методом пробной лабораторной выпечки подового и формового хлеба (ГОСТ 27669-88).

Погодные условия в 2020 и 2022 гг. были типичными для лесостепной зоны Поволжья. 2021 г. отличался повышенными температурами в летний период и низкой суммой осадков, ГТК Селянинова за май–июль составил 0,31 – условия засухи. Такие погодные условия сказались на урожайности растений.

Результаты и их обсуждение. Основной интерес в шарозерной пшенице вызывают высочайшее качество ее зерна и муки, короткостебельность. Вид имеет отрицательные свойства, главные из которых – низкая зерновая продуктивность, сильная восприимчивость к грибным болезням и недостаточная засухоустойчивость.

В 2023 г. был допущен к использованию в 12 регионах РФ сорт яровой шарозерной пшеницы (*Triticum sphaerococcum* Percival) Сакара.

Сорт выведен путем межвидовой гибридизации линии яровой мягкой пшеницы с образцом яровой шарозерной пшеницы коллекции ВИР. Гибридизация была проведена в 2011 г., в качестве материнской формы была взята линия первого гибридного поколения К-350/10, при полевой оценке невосприимчивая к мучнистой росе и бурой ржавчине, в качестве отцовской формы выбран образец шарозерной пшеницы из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) К-45738, происхождение из Пакистана. Отбор элитного растения был проведен в F₃, уровень константности по фенотипу у отобранного растения был высоким (рис. 1).

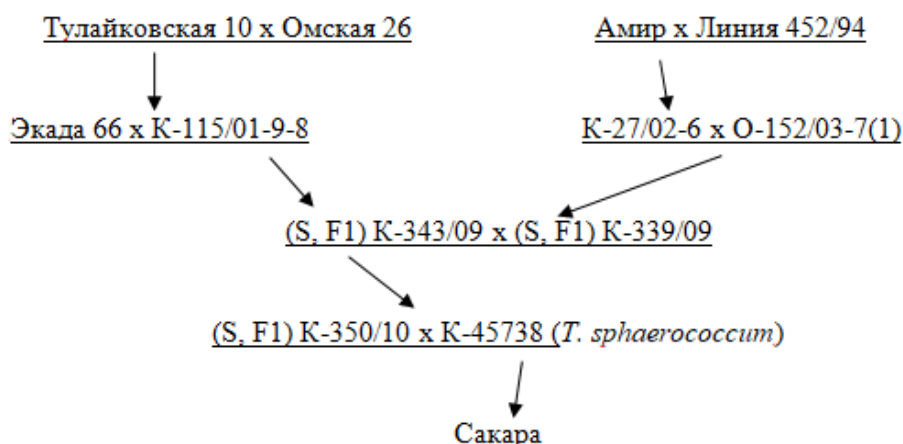


Рис. 1. Генеалогия сорта яровой шарозерной пшеницы Сакара
Fig. 1. Genealogy of the spring shot wheat variety 'Sakara'

Разновидность у сорта *rotundatum* Perciv. Куст прямостоячий, растение низкорослое, стебель средней толщины, прочный, устойчивый к полеганию, соломина выполнена слабо. Восковой налет на листьях и колосе слабый. Колос белый, веретеновидный, короткий

(4–6 см), плотный, остевидные отростки отсутствуют. Плечо у нижней колосковой чешуи прямое, широкое; зубец у цветковой чешуи короткий, слегка изогнут. Зерновка красная сферическая с глубокой бороздкой (рис. 2)



Рис. 2. Колосья, зерно, колосковая и цветковая чешуя яровой шарозерной пшеницы Сакара
Fig. 2. Heads, grain, spikelet and flower bran of the spring shot wheat 'Sakara'

Зерновая продуктивность сорта Сакара уступает стандарту для яровой мягкой пшеницы Йолдыз в среднем на 1,21 т/га (34 %). Максимальная урожайность отмечена в 2022 г. – 3,93 т/га. Масса 1000 зерен в среднем составила 25,6 г. Озерненность колоса была близкой к яровой мягкой пшенице Йолдыз и составила в среднем 22,9 шт. на колос. В нашей почвенно-климатической зоне яровая мягкая пшеница формирует урожай преимущественно за счет главного побега, и продуктивная кустистость не вносит значительного вклада в урожайность, такая же тенденция прослеживается и по яровой шарозерной пшенице – формируются в основном однопобеговые растения. Сорт Сакара отличается небольшой высотой растения (56,9 см) и, как следствие, высокой устойчивостью к полеганию. Новый сорт, несмотря на значительное распространение

мучнистой росы в посевах пшеницы, во все годы испытания был слабовосприимчив к этому заболеванию – устойчивость в среднем составила 2 балла, отмечалось незначительное поражение нижней трети растения. Сакара отличается полевой устойчивостью к бурой ржавчине, имелись единичные небольшие пустулы на нижнем ярусе листьев. Сорт сильно восприимчив к стеблевой ржавчине, в годы проявления болезни степень поражения составляет 60 %. К твердой головне при искусственном заражении сорт слабовосприимчив, степень поражения в среднем за три года составила 7 %. По срокам созревания сорт отнесен к среднепоздней группе сортов, созревает одновременно с среднепоздним сортом яровой мягкой пшеницы Балкыш, период вегетации составил в среднем 78 дней (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика яровой шарозерной пшеницы Сакара, 2020–2022 гг.
Table 1. Characteristics of the spring shot wheat variety 'Sakara', 2020–2022

Показатель	Сакара	Йолдыз, st.
Средняя урожайность, т/га	2,35	3,56
Урожайность (min...max), т/га	0,57–3,93	1,50–5,68
Масса 1000 зерен, г	25,6	36,2
Количество зерен в колосе, шт.	22,9	22,1
Продуктивная кустистость, шт.	1,04	1,02
Высота растения, см	56,9	66,9
Полегание, балл устойчивости (максим. 9)	9	6,5
Количество дней от всходов до полной спелости	78	72
Мучнистая роса, балл устойчивости	2	5
Бурая ржавчина, степень поражения, %	Ед.	15
Стеблевая ржавчина, степень поражения, %	35	55
Твердая головня, степень поражения, %	7	60

Примечание. Ед. – единичные пустулы.

Многие авторы, изучающие качественные показатели зерна и муки у шарозерных эндемичных образцов из коллекции ВИР, указывают на превосходное качество этих образцов. Сорт шарозерной пшеницы Сакара унаследовал высокое качество зерна от шарозерного образца ВИР К-45738. По большинству показателей, характеризующих технологические качества зерна, сорт Сакара соответствует требованиям ГОСТ 34702-2020 на сильную пшеницу. Стекловидность зерна – показатель, сильно зависящий от плодородия почвы и погодных условий при уборке – в среднем за три года у сорта Сакара, несмотря на достаточное плодородие и относительно хорошие условия уборки, соответствовала только уровню ценной пшеницы. Натура зерна – важная характеристика заготавливаемого зерна, она была выше классификационной нормы на сильную пше-

ницу и составила в среднем за три года 782 г/л, коэффициент вариации указывает на стабильность этого показателя по годам. Содержание белка и клейковины в зерне – один из самых информативных показателей качественных характеристик сорта. Содержание в зерне белка не опускалось ниже 16 % при норме на сильную пшеницу 13,5 %. Этот показатель также мало изменялся от условий выращивания. Содержание клейковины в зерне во все годы было высоким и в среднем составило 35,5 % (коэффициент вариации 16 %). Качество клейковины (определяемое на приборе ИДК-1), указывающее на изменение деформации образца клейковины под нагрузкой, изменялась по годам от хорошей до удовлетворительно, но в пределах ограничительных норм на сильную пшеницу – от 43 до 85 единиц (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика технологических качеств зерна
Table 2. Characteristics of the technological qualities of grain

Год	Общая стекловидность, %	Натура зерна, г/л	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК-1, ед. приб.
Йолдыз, стандарт					
2020	46	747	10,6	18,1	91
2021	46	788	11,6	20,4	85
2022	53	830	13,9	29,7	52
среднее	48	788	12,0	22,7	76
Cv, %	8	5	14	27	28
Сакара					
2020	51	756	16,0	29,4	61
2021	50	780	16,3	36,3	85
2022	54	809	17,1	40,8	78
среднее	52	782	16,5	35,5	75
Cv, %	4	3	3	16	17

Примечание. Cv – коэффициент вариации.

Классификационные нормы, характеризующие хлебопекарные качества, учитывают и реологические свойства теста, которые определяли с помощью приборов фаринограф Е и альвеограф NG. Разжижение теста и водопоглотительную способность определяли на фаринографе. Показатель разжижения теста указывает на подвижность теста при замесе, этот показатель для сильных пшениц не должен превышать 70 е.ф. У сорта Сакара эта величина в 2022 г. составила 7 е.ф., а по другим годам не поднималась выше 28 е.ф. (коэффициент вариации значительный – 57 %). Водопоглотительная способность (ВПС) – показатель, указывающий на количество воды, требуемой для образования определенной консистенции теста. При выпечке хлеба, согласно данным ВПС, рассчитывается требуемое количество воды на замес. Для получения хорошего объема хлеба этот показатель должен быть для сильной пшеницы не ниже 63 %. У сорта Сакара в 2020 и 2021 гг. водопоглощение соответствовало сильной пшенице, а в 2022 г. только сортам-филлерам – 57 %. В 2022 г. низкий показатель ВПС был характерен для всех

высококачественных сортов яровой мягкой пшеницы.

Силу муки, упругость теста и показатель P/L определяли на альвеографе. Действие прибора основано на имитации подъема теста при брожении путем надувания пузыря из образца теста. Сила муки, или энергия деформации теста – традиционный комплексный показатель, отражающий упруго эластичные свойства теста. Этот показатель значительно превышал у сорта Сакара классификационные требования сильную пшеницу и не опускался за три года ниже 369 единиц альвеографа Шопена. Сила муки у Сакары по годам проявляет среднюю стабильность – коэффициент вариации 18 %. Упругость теста, или максимальное избыточное давление, указывает на сопротивление теста деформации при надувании шара на альвеографе. У сорта Сакара значительное превышение этого показателя – в среднем 132 мм при норме для сильной пшеницы не менее 80 мм. Упругость теста стабильна по годам, коэффициент вариации 4 %. Форма кривой P/L (отношение упругости теста к моменту времени разрыва пузыря теста)

находился у сорта Сакара на предельных значениях допуска на сильную пшеницу (не более 2), а в 2021 г. соответствовал только ценной пшенице. Высокое значение P/L не является

отрицательной характеристикой, а указывает на высокую смесительную ценность сорта для партий зерна с низкими значениями упругости теста (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика реологических свойств теста
Table 3. Characteristics of the rheological properties of the dough

Год	Фаринограф		Альвеограф		
	Степень разжижения, е.ф.	ВПС, %	Сила муки, W, е.а.	Упругость теста, P, мм вод. ст.	Показатель P/L
Йолдыз, стандарт					
2020	67	58	172	81	1,26
2021	95	59	204	79	1,67
2022	71	57	104	54	0,64
среднее	78	58	160	71	1,19
Cv, %	19	2	32	21	44
Сакара					
2020	25	63	414	140	1,97
2021	28	64	369	129	2,09
2022	7	57	506	126	1,96
среднее	20	61	386	132	2,01
Cv, %	57	6	18	6	4

Примечание. Cv – коэффициент вариации.

Число падения (ЧП) – этот показатель, также регулируемый ГОСТом, указывает на активность амилалитических ферментов, что позволяет обнаруживать прорастание семян, которое негативно влияет на качество конечного продукта. Данные ЧП в 2022 г. в связи с жаркой и сухой погодой во время уборки имели завышенные показатели, у сорта Сакара ЧП составило 469 с.

Пробная лабораторная выпечка является заключительным этапом оценки хлебопекарных достоинств сорта. Известно, что при выпечке высококачественных сортов из-за не-

достаточной сахарообразующей способности при брожении не всегда удается испечь хороший хлеб. Результат общей хлебопекарной оценки сорта Сакара, которая складывается из оценки мякиша и внешнего вида хлеба, указывает на удовлетворительный вид хлеба, в среднем за два года этот показатель составил всего 3,7 балла. По остальным параметрам – объемному выходу хлеба, формоустойчивости и пористости мякиша Сакара в среднем за два года соответствует показателям на сильную пшеницу (табл. 4).

Таблица 4. Результаты лабораторной выпечки хлеба из муки сорта Сакара
Table 4. Laboratory baking results of bread made from the flour of the variety 'Sakara'

Показатель / требования для сильной пшеницы	2020 г	2021 г	Среднее
Объемный выход хлеба см ³ /100г муки/ не менее 400	414	418	416
Формоустойчивость, балл / не менее 0,35	0,61	0,76	0,69
Пористость мякиша, % / не менее 70	84	64	74
Общая хлебопекарная оценка / не менее 4,5	4,04	3,4	3,7

Выводы. Созданный сорт яровой шаро-зерной пшеницы Сакара сохранил черты вида *triticum sphaerococcum* Perciv. – короткое, компактное, не полегающее растение, плотный, не поникающий колос, сферическую форму зерновки. Сорт отличается высокой полевой устойчивостью к мучнистой росе, балл устойчивости по шкале Саари и Прескотта соответствует устойчивым сортам (2 балла). У сорта Сакара при полевой оценке степени устойчивости к бурой ржавчине отмечены лишь единичные пустулы на нижнем ярусе листьев. Сорт слабовосприимчив к твердой головне, при искусственной инокуляции спорами твердой головни степень поражения не превышала 7 %.

Сорт Сакара по технологическим качествам зерна, кроме стекловидности, соответствует классификационным требованиям на сильную пшеницу. Отличительной особенностью сорта является высокое содержание белка в зерне – 16,5 % и клейковины – 35,5 %. Данные фаринографа указывают на невысокую водопоглотительную способность у сорта, в среднем за три года 61 %, что ниже требований на сильную пшеницу. В то же время результаты альвеографа показывают отличные упруго эластичные свойства теста из муки сорта Сакара, сила муки и упругость теста имели высокие показатели – в среднем 386 е.а. и 132 мм вод.ст. соответственно. При невысокой зерновой продуктивности

в сравнении с яровыми мягкими пшеницами сорт Сакара характеризуется превосходными качественными показателями зерна и муки, свойственными шарозерным пшеницам.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Татарского НИИСХ – ФИЦ КазНЦ РАН: № 122011800138-7.

Библиографические ссылки

1. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Багавиева Э.З., Баранова О.А. Результаты оценки сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням в Казанском НЦ // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 89–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94.
2. Кулеватова Т.Б., Лящева С.В., Злобина Л.Н., Старичкова Н.И. К качеству зерна озимой пшеницы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, Вып. 1. С. 78–86. DOI: 10.18500/1816-9775-2021-21-1-78-86.
3. Askhadullin D.F., Askhadullin D.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. 2021 Vol. 81, Iss. 3. P. 383–391. DOI: 10.31742/IJGPB.81.3.5.
4. Cheng X., Xin M., Xu R., Chen Z., Cai W., Chai L., Xu H., Jia L., Feng Z., Wang Z., Peng H., Yao Y., Hu Z., Guo W., Ni Z., Sun Q. A Single Amino Acid Substitution in STKc_GSK3 Kinase Conferring Semispherical Grains and Its Implications for the Origin of *Triticum sphaerococcum* // The Plant Cell. 2020. Vol. 32, Iss. 4. P. 923–934. DOI: 10.1105/tpc.19.00580.
5. Eberwein Ann S. Food for Thought: An Analysis of the Robenhausen Botanicals at the Milwaukee Public Museum // Theses and Dissertations. 2019. 217 p. URL: <https://dc.uwm.edu/etd/2297>.
6. Ellerton, S. The origin and geographical distribution of *Triticum sphaerococcum* Perc. and its cytogenetical behaviour in crosses with *T. vulgare* vill. // Journal of Genetics. 1939. Vol. 38, Iss. 1–2. P. 307–324.
7. Gupta A., Hua L., Lin G., Molnár I., Doležel J., Liu S., Li W. Multiple origins of Indian dwarf wheat by mutations targeting the TREE domain of a GSK3-like kinase for drought tolerance, phosphate uptake, and grain quality // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. P. 633–645.
8. McIntosh R.A., Devos K.M., Dubcovsky J., Rogers W.J. Catalogue of gene symbols for wheat: 2000 Supplement // Wheat information service. 2020. Vol. 91, P. 33–70.
9. 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. Vol. 26, Iss. 5. P. 96–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.
10. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant disease reporter. 1975. Vol. 59, P. 377–380.
11. Salina E., Borner A., Leonova I., Korzun V., Laikova L., Maystrenko O., Röder M.S. Microsatellite mapping of the induced sphaerococcoid mutation genes in *Triticum aestivum* // Theoretical and Applied Genetics. 2000. Vol. 100, P. 686–689. DOI: 10.1007/s001220051340.
12. Skrajda-Brdak M., Konopka I., Tańska M., Szczepanek M., Sadowski T., Rychcik B. Low molecular phytochemicals of Indian dwarf (*Triticum sphaerococcum* Percival) and Persian wheat (*T. carthlicum* Nevski) grain // Journal of Cereal Science. 2020. Vol. 91, P. 1–7. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.102887.

References

1. Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Vasilova N.Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I., Bagavieva E.Z., Baranova O.A. Rezul'taty otsenki sortov yarovoi myagkoi pshenitsy na ustoychivost' k boleznyam v Kazanskom NTs [Estimation results of the spring bread wheat varieties for resistance to diseases in the Kazan Research Center] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 3. S. 89–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94.
2. Kulevatova T.B., Lyashcheva S.V., Zlobina L.N., Starichkova N.I. K kachestvu zerna ozimoi pshenitsy [To the winter wheat grain quality] // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya. 2021. T. 21, Vyp. 1. S. 78–86. DOI: 10.18500/1816-9775-2021-21-1-78-86.
3. Askhadullin D.F., Askhadullin D.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. 2021 Vol. 81, Iss.3. P. 383–391. DOI: 10.31742/IJGPB.81.3.5.
4. Cheng X., Xin M., Xu R., Chen Z., Cai W., Chai L., Xu H., Jia L., Feng Z., Wang Z., Peng H., Yao Y., Hu Z., Guo W., Ni Z., Sun Q. A Single Amino Acid Substitution in STKc_GSK3 Kinase Conferring Semispherical Grains and Its Implications for the Origin of *Triticum sphaerococcum* // The Plant Cell. 2020. Vol. 32, Iss. 4. P. 923–934. DOI: 10.1105/tpc.19.00580.
5. Eberwein, Ann S. Food for Thought: An Analysis of the Robenhausen Botanicals at the Milwaukee Public Museum // Theses and Dissertations. 2019. 217 p. URL: <https://dc.uwm.edu/etd/2297>.
6. Ellerton, S. The origin and geographical distribution of *Triticum sphaerococcum* Perc. and its cytogenetical behaviour in crosses with *T. vulgare* vill. // Journal of Genetics. 1939. Vol. 38, Iss. 1–2. P. 307–324.
7. Gupta A., Hua L., Lin G., Molnár I., Doležel J., Liu S., Li W. Multiple origins of Indian dwarf wheat by mutations targeting the TREE domain of a GSK3-like kinase for drought tolerance, phosphate uptake, and grain quality // Theoretical and Applied Genetics. 2021. Vol. 134. P. 633–645.
8. McIntosh R.A., Devos K.M., Dubcovsky J., Rogers W.J. Catalogue of gene symbols for wheat: 2000 Supplement // Wheat information service. 2020. Vol. 91. P. 33–70.
9. 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. Vol. 26, Iss. 5. P. 96–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

10. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // Plant disease reporter. 1975. Vol. 59, P. 377–380.
11. Salina E., Borner A., Leonova I., Korzun V., Laikova L., Maystrenko O., Röder M.S. Microsatellite mapping of the induced sphaerococcoid mutation genes in *Triticum aestivum* // Theoretical and Applied Genetics. 2000. Vol. 100, P. 686–689. DOI: 10.1007/s001220051340.
12. Skrajda-Brdak M., Konopka I., Tańska M., Szczepanek M., Sadowski T., Rychcik B. Low molecular phytochemicals of Indian dwarf (*Triticum sphaerococcum* Percival) and Persian wheat (*T. carthlicum* Nevski) grain // Journal of Cereal Science. 2020. Vol. 91, P. 1–7. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.102887.

Поступила: 08.02.23; доработана после рецензирования: 01.03.23; принята к публикации: 01.03.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н.З. – концептуализация исследования, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р. – подготовка опыта, сбор данных; Кириллова Е.С., Идиатова Р.Х. – выполнение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.