



Перевод на английский язык <https://vavilov.elpub.ru/jour>

## Перспективные генетические источники для селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири

М.Г. Евдокимов , В.С. Юсов, М.Н. Кирьякова, Л.В. Мешкова, И.В. Пахотина, Д.А. Глушаков

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия


 [misha-emg@rambler.ru](mailto:misha-emg@rambler.ru)

**Аннотация.** Изучение, расширение и сохранение генетического разнообразия исходного материала и его целенаправленное использование в гибридизации являются основой для создания адаптивных сортов твердой яровой пшеницы, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды Западной Сибири. Объектами исследований служили образцы твердой яровой пшеницы. За годы исследований (2000–2020) проведен скрининг более 3000 образцов из мирового генофонда разных стран и регионов: из коллекции ВИР, банка генетических ресурсов CIMMYT (Мексика) в рамках договора и программы сотрудничества (2000–2007 гг.), с 2000 г. по настоящее время по программе Казахстанско-Сибирской сети по улучшению яровой пшеницы (КАСИБ), из других научных учреждений России в порядке обмена селекционным материалом. Полученный материал был изучен с использованием общепринятых методик по комплексу признаков: урожайности, адаптивности, качеству зерна, устойчивости к болезням. При исследовании в 2000–2007 гг. генофонда из CIMMYT по урожайности на уровне стандарта Омская янтарная было выделено 50 генотипов, по натуре зерна – 276, по цвету макарон – 131, по устойчивости к твердой головне – 131, мучнистой росе – 112. Почти все образцы не поражались бурой ржавчиной. Изученный набор показал высокую чувствительность к экстремальным условиям; большинство форм, представляющих интерес по качеству и устойчивости к болезням, были низкопродуктивными в наших условиях. В питомниках КАСИБ по урожайности и адаптивности выделено 29 образцов, по качеству зерна – 29, устойчивости к болезням – 21, в том числе к стеблевой ржавчине – 8. В наборе сортов, поступивших из ВИР, выявлено 15 адаптивных генотипов, 16 – с высоким качеством зерна, 11 – устойчивых к стеблевой ржавчине. При оценке селекционного материала выделено 17 образцов, устойчивых к стеблевой ржавчине местной популяции (6 из них комплексно устойчивы к бурой, стеблевой ржавчине, мучнистой росе), и 25 резистентных к расе Ug99. Выделенные в результате исследований генотипы представляют интерес как источники ценных признаков.


Ключевые слова: твердая пшеница; селекция; сорт; образец; генотип; урожайность; качество зерна; устойчивость к болезням.

**Для цитирования:** Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Кирьякова М.Н., Мешкова Л.В., Пахотина И.В., Глушаков Д.А. Перспективные генетические источники для селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022;26(7):609-621. DOI 10.18699/VJGB-22-75

## Promising genetic sources for the creation of varieties of durum spring wheat in Western Siberia

M.G. Evdokimov , V.S. Yusov, M.N. Kiryakova, L.V. Meshkova, I.V. Pakhotina, D.A. Glushakov

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

 [misha-emg@rambler.ru](mailto:misha-emg@rambler.ru)

**Abstract.** The study, expansion and preservation of the genetic diversity of the source material, and its purposeful use in hybridization is the basis for the creation of adaptive varieties of durum spring wheat that are resistant to biotic and abiotic factors of the environment of Western Siberia. The objects of research were samples of durum spring wheat. Over the years of research (2000–2020), about 3 thousand samples were worked out from the world gene pool of various countries and regions: from the collection of the VIR, the gene pool from Mexico (CIMMYT) within the framework of the agreement and cooperation program (2000–2007), from 2000 to the present time under the program of the Kazakh-Siberian Spring Wheat Breeding Network (KASIB), from other scientific institutions of Russia in exchange activities. Using generally accepted techniques, the obtained material was studied for a complex of traits: yield, adaptability, grain quality, resistance to diseases. In the cycle of studying the gene pool from CIMMYT, 50 genotypes were identified in terms of yield at the level of the Omskaja jantarnaja standard, 276 grains by test weight, 131 samples by pasta color, 131 samples by resistance to hard smut, and 112 by resistance to powdery mildew. Almost all samples were not affected by leaf rust. The study set showed high sensitivity to extreme conditions and most forms of interest in quality and disease resistance were low-productive in our environment. In KASIB nurseries, 29 samples were identified in terms of yield and adaptability, 29 samples in terms of grain quality, 21 in terms

of resistance to diseases, including 8 resistant to stem rust. In the set of varieties received from the VIR, 15 genotypes were adaptive, 16 had high grain quality, 11 were resistant to stem rust. In the breeding material, 17 samples of the local population resistant to stem rust (6 of them were comprehensively resistant) and 25 race-resistant to Ug99 were identified. The genotypes identified as a result of research are of interest as sources of valuable traits.

Key words: durum wheat, breeding, variety, sample, genotype, yield, grain quality, disease resistance.

**For citation:** Evdokimov M.G., Yusov V.S., Kiryakova M.N., Meshkova L.V., Pakhotina I.V., Glushakov D.A. Promising genetic sources for the creation of varieties of durum spring wheat in Western Siberia. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022;26(7):609-621. DOI 10.18699/VJGB-22-75

## Введение

Гибридизация с целенаправленным подбором родительских форм остается одним из важнейших способов создания сортов твердой пшеницы. Поэтому изучение исходного материала – основной фактор успешной селекции. Учение об исходном материале было разработано еще К.А. Фляксбергером (1934) и Н.И. Вавиловым (1935) и получило в дальнейшем развитие в работах многих исследователей.

В России ведущим банком генетических ресурсов является Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) с его филиалами и опорными пунктами в различных климатических зонах страны, число которых, к сожалению, в последние годы сильно сократилось (Ляпунова, Андреева, 2020). С 2000 по 2007 г. поступало большое количество образцов из Международного центра по улучшению кукурузы и пшеницы (СИММУТ, Мексика) в рамках договора и программы сотрудничества, с 2000 г. по настоящее время – по программе Казахстанско-Сибирской сети по улучшению яровой твердой пшеницы (КАСИБ). При этом основой для создания сортов служит селекционный материал, полученный с привлечением образцов из СИММУТ и подвергшийся воздействию естественного отбора в местных почвенно-климатических условиях.

В настоящее время возрос интерес к местным и стародавним сортам твердой пшеницы (Pagnotta et al., 2005; Kan et al., 2014; Пенева, Ляпунова, 2020), поскольку они характеризуются уникальными признаками, и прежде всего устойчивостью к ряду неблагоприятных факторов внешней среды, оказывающих решающее воздействие на выживаемость растений, и к некоторым расам местных популяций грибных и бактериальных болезней.

В прошлом столетии многие работы были посвящены оценке исходного материала, проведенной в условиях Сибири, Поволжья, Украины, Казахстана, Узбекистана и других регионов бывшего Советского Союза (Евдокимов, 2006). Сейчас усилия отечественных ученых направлены на селекцию с целью повышения урожайности, адаптивности, качества зерна и устойчивости к болезням (Зиборов, Розова, 2012; Евдокимов и др., 2017; Мальчиков и др., 2018; Мухитов, Тимошенкова, 2018; Самофалова и др., 2018; Дорохова, Копусь, 2020; Розова и др., 2020; Рустамов и др., 2020; Мальчиков, Мясникова, 2021; Юсов и др., 2021).

Необходимость проработки коллекционного материала в сибирских условиях обусловлена тем, что поведение генотипа в различных условиях среды далеко не однотипно. При изучении исходного материала следует учитывать

основные направления селекции: дальнейшее повышение урожайности и адаптивного потенциала, качество зерна и макарон, устойчивость к болезням и стабильность хозяйственно ценных признаков. Для Омской области, с резкими колебаниями метеорологических факторов в течение вегетационного периода и по годам, такая стабильность имеет первостепенное значение.

Сохранение, изучение и пополнение генофонда новыми формами актуально при целенаправленном подборе исходного материала в селекционных программах (Лихенко и др., 2014). Это позволит внести определенный вклад в создание сортов, соответствующих требованиям сельскохозяйственного производства, и реализацию научной программы «Хлеба России» в 2022–2027 гг., которая направлена на ускорение, стабилизацию селекционного процесса и в конечном итоге на обеспечение продовольственной безопасности страны.

Цель нашего исследования – выявить перспективные источники хозяйственно ценных признаков для создания сортов твердой яровой пшеницы в условиях Западной Сибири.

## Материал и методы

Объектом исследований служили образцы из коллекции ВИР. С 2000 по 2007 г. большое количество образцов поступило в рамках договора и программы сотрудничества из СИММУТ, с 2000 г. по настоящее время – по программе КАСИБ. В последние годы в порядке обмена получены сорта и селекционный материал из других научных учреждений России (Алтайский НИИСХ, Самарский НИИСХ, НИИСХ Юго-Востока, Воронежский ФАНЦ им. Докучаева).

Принцип подхода к проработке материала был следующим: после первого года изучения образцы с низкими значениями по комплексу показателей выбраковывались, а отобранные генотипы проходили дальнейшее испытание во второй год. В течение трех лет испытывались только перспективные образцы. Всего изучено более 3000 генотипов.

Значительную часть генофонда составили образцы из Северной Америки (Мексика, США, Канада), России, стран СНГ (Казахстан, Азербайджан), Украины, европейских стран (Италия, Испания, Португалия, Франция). Незначительное количество образцов – из стран Ближнего Востока (Турция, Израиль, Йемен), Центральной, Восточной и Южной Азии (Иран, Китай, Индия), Северной Африки (Алжир, Марокко, Тунис, Эфиопия), Южной Америки (Чили) (табл. 1). Основная часть материала с североамериканского континента поступила из Мексики

**Таблица 1.** Количество образцов коллекционного материала яровой твердой пшеницы, охарактеризованных по хозяйственно важным признакам в 2000–2020 гг.

Регион	2000–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.	2016–2020 гг.	Итого
Россия	232	219	227	159	837
Страны СНГ	151	50	91	57	349
Европа	6	68	22	6	102
Ближний Восток	5	5	4	12	26
Северная Африка	0	14	10	1	25
Северная Америка	2853	569	88	14	3524
Южная Америка	0	2	0	0	2
Итого	3247	927	442	249	4865

(СИММУТ). За 2000–2007 гг. при ежегодном поступлении из трех питомников (IDYN – International Durum Yield Nursery, EDUIT – Elite Durum Unrepreicield Yield Treals, IDSN – International Durum Screening Nursery) общий объем коллекции составил 2711 образцов. По программе КАСИБ было изучено 210 генотипов, из поступлений ВИР – 186. Кроме того, в исследование были включены образцы на заключительных этапах селекционного процесса (предварительное и конкурсное сортоиспытание).

Для изучения генофонда твердой пшеницы ежегодно в селекционном стационаре лаборатории селекции твердой пшеницы закладывался коллекционный питомник в соответствии с методическими указаниями ВИР (Мережко и др., 1999), а также питомник конкурсного и экологического испытания по методике ГСУ (Методика государственного сортоиспытания..., 2019). В 2000–2008 гг. в качестве стандарта использовали сорт Омская янтарная, а с 2009 г. введен дополнительный стандарт – Жемчужина Сибири.

Посев производили на делянках с учетной площадью 2–3 м<sup>2</sup> (коллекционный), 10 м<sup>2</sup> (конкурсное, экологическое испытание) в двух-четырёх повторениях сеялкой ССФК-7. Уборку делянок осуществляли комбайном HEGE 125.

Показатели натуры зерна, макаронных свойств, восприимчивость к основным болезням определяли по общепринятым методикам (Колмаков, 2007; Койшыбаев, 2018). Для оценки восприимчивости использовали шкалу СИММУТ: 0 – иммунный тип, признаки болезни отсутствуют; R – устойчивый, образуются хлорозные пятна, занимающие до 5–10 % поверхности листа (1 балл по шкале Стекмана); MR – средняя устойчивость, пустулы мелкие, имеются хлоротичные зоны, занимающие не более 10–25 % (2 балла); MS – средняя восприимчивость, пустулы мелкие, занимают до 40–50 % поверхности листа (3 балла); S – высокая восприимчивость, пустулы крупные, занимают до 50–100 % поверхности листьев (4 балла).

Математическую обработку результатов проводили по Б.А. Доспехову (2012) в пакете прикладных статистических программ Microsoft Excel. Параметры экологической пластичности рассчитывали по S.A. Eberhart, W.A. Russel в изложении В.А. Зыкина с соавторами (Зыкин и др., 2011). Анализ главных компонент (principal component analysis, PCA) проведен с помощью пакета R version 4.0.3.

## Результаты и обсуждение

### Урожайность и адаптивность

Изученные образцы в питомниках из СИММУТ по урожайности значительно уступали стандарту Омская янтарная. Средняя урожайность в питомниках варьировала от 51.6 до 87.5 %. Количество генотипов на уровне или выше стандарта в питомниках 32 IDYN, 37 IDYN, 38 IDYN, 35 EDUYT составило 1–2, в 33 IDYN, 34 IDYN, 36 IDYN – 3–4, в 30 EDUYT, 34 EDUYT, 36 EDUYT – 5–6, и только в 32 EDUYT – 18 образцов. В питомниках 35 IDYN, 31 EDUYT, 33 EDUYT ни один образец не сформировал урожайность на уровне сорта Омская янтарная.

По урожайности и адаптивности в этих питомниках заслуживают внимания Anade 1/Tarro 1//Lican (32 IDYN), Nehama 15/Brisina 2//Plata 9 (30 EDUYT), SN Turk MI83-84/Nigris5; GA//2\* Chen/Altar 84; Cado/Boomer 33; Dipper 2/Bushen 3; Himan 9/Lotus 1; Crake 10/Rissa; Chen/Altar 84/3/Hui//Poc//Bub/Rufo/4/Fnfoot (32 EDUYT), Cndo/Vee//7\*Plata 8/3/Plata\_L/Snm//Plata 9; Vanrikse 14/Plata 6//Green 17; Plata 22/3/Magh 72/D67.2//FGO (34 EDUYT), Arment//Sr\_n\_3/Nigris 4/3/Canelo 9.1 (35 EDUYT), Minimus\_6/Plata 16; Ajaia\_16//Hora/JRO (36 EDUYT). Среди представленных в табл. 2 генотипов 15 сочетают урожайность с высокой натурой, 5 – с цветом макарон, 8 – с устойчивостью к твердой головне, 6 – к мучнистой росе, 25 – к бурой ржавчине.

Среди изученных сортов коллекции ВИР в 2000–2003 гг. по урожайности выделены: к-59881, к-60388, к-60364, к-60366, к-60413, к-61303; из них преимущество по цвету макарон имели образцы к-59881, к-60388, к-60364. Все эти образцы обладали устойчивостью к полеганию вследствие оптимального соотношения анатомических признаков стебля. В цикле 2007–2008 гг. испытывали короткостебельные образцы из Европы, США и Канады. За счет укороченных нижних междоузлий они высокоустойчивы к полеганию, их отрицательными признаками являются низкая засухоустойчивость и урожайность. Четыре образца, к-62658, к-63126, к-63160, к-64353, сформировали урожайность на уровне стандарта Омская янтарная и выше (с прибавкой 1–18 %), однако по качеству зерна они не представляют селекционной ценности (табл. 3).

**Таблица 2.** Характеристика лучших по урожайности образцов из питомников CIMMYT

Название	Урожайность к стандарту, %	Натура, г/л	Цвет макарон, баллов	Поражение, %			Питомник, год
				твердой головней	мучнистой росой	бурой ржавчиной	
Anade 1/Tarro 1//Lican	105.9	784	3.5	1.4	25.0	0	32 IDYN 2000–2001
Nehama 15/Brisina 2//Plata 9	114.5	745	3.7	3.9	60.0	0	30 EDUYT 2000–2001
Dipper 2/Bushen 3	107.9	725	3.7	0	50.0	0	
Corm/Rufo//Ru3/Rissa/4/Yazi/5/Gutros 1	106.3	727	4.0	2.1	50.0	0	
Dipper 2/Bushen 3	103.0	802	3.6	6.3	50.0	31.2	34 IDYN 2002
Plata 1/SNM//Plata 9	101.0	774	3.5	5.9	20.0	27.4	
Bejah 6/SLA2	103.0	798	3.9	0	60.0	0	32 EDUYT 2002
Cado/Boomer 33	114.0	814	3.6	8.5	50.0	0	
Chen/Altar 84/3/Hui//Poc//Bub/Rufo/4/Fnfoot	103.0	800	4.1	12.3	50.0	0	
Crake 10/Rissa	109.0	800	3.8	0	60.0	0	
Dipper 2/Bushen 3	113.0	786	3.8	0	20.0	0	
GA//2* Chen/Altar 84	118.0	785	3.5	9.4	30.0	0	
Kucuk	109.0	793	4.1	0	30.0	0	
Himan 9/Lotus 1	114.0	795	3.8	7.2	60.0	0	
SN Turk M183-84/Nigris5	133.0	784	3.9	0	30.0	0	
SN Turk M183-84/Nldkls5	112.0	787	4.2	0	20.0	0	
Plata 22/3/Magh 72/D67.2//FGO	104.0	758	3.2	5.5	20.0	0	34 EDUYT 2004
Plata_L/Snm//Plata_9/3/Tilo_L/Lotus_4	99.0	787	3.5	12.5	50.0	0	
Cndo/Vee//7*Plata 8/3/Plata_L/Snm//Plata 9	104.0	763	3.6	9.2	20.0	0	
Vanrikse 14/Plata 6//Green 17	102.0	784	3.5	6.4	40.0	0	
Green 18/Bushen 4//Porto 3	96.6	745	3.1	7.5	30.0	0	37 IDYN 2005
Arment//Srn_3/Nigris 4/3/Canelo 9.1	101.0	770	3.2	0	50.0	0	35 EDUYT 2005
Auk/Guil//Green/3/Adamar/4/Rascon 37/Tarro 2	100.0	761	3.2	8.2	40.0	0	
Bcris/Bicum//Llaretia Inia/3/Dukem 12/2*Rascon_21	97.0	730	3.2	9.5	60.0	0	38 IDYN 2007
Minimus 6/Plata 16	124.3	769	3.3	4.2	40.0	0	36 EDUYT 2007
Ajaia 16//Hora/JRO	111.4	780	3.3	9.4	30.0	0	
Ajaia 16//Hora/JRO	107.1	764	3.2	8.2	40.0	0	
Омская янтарная, стандарт	100.0	771*	4.0*	13.5*	50.0*	1.0*	
HCP <sub>05</sub> по урожайности по питомникам 8.2–9.8 %							

\* Приведены средние данные по питомникам.

В 2009–2012 гг. из 62 генотипов только один (к-61619) сформировал урожайность на 18.5 % выше стандарта Жемчужина Сибири, но по натуре зерна и цвету макарон показатели были низкими. При изучении в 2019–2020 гг. самые продуктивные формы к-64488, к-66675 имели урожайность 92–96 % по отношению к стандарту Жемчужина Сибири.

Казахстанско-Сибирская сеть улучшения яровой пшеницы (КАСИБ), созданная в 1999 г., предусматривает

обмен генетическим материалом и испытание образцов на обширной территории России и Республики Казахстан (43–55° с. ш., 55–85° в. д.) с диапазоном годовых осадков 250–500 мм. Преимуществом данного проекта является то, что в течение одного года при испытании в разных экологических точках, а их по твердой пшенице шесть-восемь, представляется возможность оценки генотипов по комплексу признаков (адаптивности, засухоустойчивости, стабильности) и целенаправленного включения их в

**Таблица 3.** Характеристика лучших по продуктивности образцов из коллекции ВИР

Номер каталога	Происхождение	Урожайность, % к стандарту	Цвет макарон, баллов	Натура, г/л	Длина стебля, см	Годы исследования
Омская янтарная	Стандарт	100.0	3.9	775	90.0	2000–2008
к-59881	Россия	103.1	3.9	768	114.0	2000–2003
к-59888		98.8	3.6	773	126.0	
к-60364	Украина	100.5	3.8	776	108.0	
к-60366	Казахстан	100.5	3.4	765	99.0	
к-60388	Россия	108.8	3.7	758	110.0	
к-60413	Сирия	108.8	3.5	754	118.0	
к-61303	США	117.4	3.7	776	102.0	
к-61631	Канада	93.8	3.5	770	60.0	
к-61645	Сирия	92.3	3.4	762	68.0	
к-61645		92.3	3.4	748	68.0	
НСР <sub>05</sub>		8.4	0.13	10.3	8.5	
к-62658	США	101.2	3.4	761	64.6	2007–2008
к-63126	Франция	104.3	3.1	772	54.6	
к-63160		105.4	3.2	753	39.8	
к-64353	Канада	118.5	3.5	760	54.9	
НСР <sub>05</sub>		10.2	0.10	12.5	5.3	
Жемчужина Сибири	Стандарт	100.0	3.2	778	83.0	2009–2020
к-6386	США	81.3	3.3	760	80.0	2009–2012
к-61619	Украина	105.4	3.0	769	78.0	
к-63821		87.7	3.6	770	76.0	
к-64953	Россия	91.9	2.9	762	88.0	
Сладуница	Украина	91.0	3.2	777	85.0	
НСР <sub>05</sub>		8.5	0.10	15.2	7.6	
к-64488	Россия	95.9	4.2	763	109.0	2019–2020
к-66294		85.5	3.5	794	100.4	
к-66519		80.6	3.5	810	95.8	
к-66675		92.3	3.4	769	84.3	
к-66886		76.2	3.3	813	103.4	
к-66887		76.0	3.3	812	89.9	
НСР <sub>05</sub>		9.8	0.12	11.3	8.3	

селекционный процесс в качестве источников основных хозяйственно ценных признаков.

Наиболее урожайные сорта и линии в условиях Омска, сформировавшие высокую среднюю урожайность по всем пунктам сортоиспытания сети КАСИБ, созданные в России и Казахстане, представлены в табл. 4. Среди них 18 имеют ранг 1–3 по средней урожайности и являются адаптивными формами. По тесту Эберхарта–Рассела генотипы 242.93, Г.430-88 (Карабалыкская СХОС), Г.97-49-1, Омский коралл (Омский АНЦ), Г.748 (ФАНЦА) считаются интенсивными:  $bi = 1.24–1.89$ . К экстенсивным относятся

Омская янтарная (Омский АНЦ), Каргала 3, Каргала 30, Каргала 69 (Актюбинская СХОС):  $bi = 0.55–0.89$ . Варiances отклонений от линии регрессии ( $\sigma^2 d_i$ ) свидетельствует о том, что они формируют стабильную урожайность (см. табл. 4).

#### Качество зерна и макаронные свойства

Среди материала СИММУТ по натуре зерна было выделено 276 образцов, по цвету макарон – 131. Изученный набор показал высокую реакцию на экстремальные стрессоры, и большинство форм, представляющих интерес по

**Таблица 4.** Источники высокой продуктивности и адаптивности из питомников КАСИБ

Название сорта	Оригинатор	Годы испытания	Питомник	Урожайность Омск, ранг	Адаптивность, bi ранг	$\sigma^2 d_i$
242.93	Карабалыкская СХОС	2000	КАСИБ 1	1	16	1.61 0.07
Омская янтарная, стандарт	СибНИИСХ (Омский АНЦ)			3	2	0.70 0.70
Г.430-88	Карабалыкская СХОС	2001	КАСИБ 2	2	2+	1.89 0.16
Каргала 3	Актюбинская СХОС			3	15	0.55 0.63
Жемчужина Сибири	Омский АНЦ	2003–2004	КАСИБ 4–5	3	1+	0.97 0.13
Каргала 30	Актюбинская СХОС			1	3+	0.85 0.13
Г.94-9-1	Омский АНЦ	2005–2006	КАСИБ 6–7	3	3+	1.04 0.07
Г.94-94-13				2	1+	0.93 0.22
Субастрале 489	Карабалыкская СХОС			2	2+	1.02 0.15
Алтын дала	Карабалыкская СХОС	2007–2008	КАСИБ 8–9	1	2+	1.06 0.08
Г.462 (Памяти Янченко)	АНИИСХ (ФАНЦА)			3	3+	1.12 0.09
Г.97-49-1	Омский АНЦ	2009–2010	КАСИБ 10–11	3	1+	1.21 0.04
Г.98-42-1				1	2+	1.06 0.09
Каргала 69	Актюбинская СХОС			2	5	0.89 0.14
Омский изумруд	Омский АНЦ	2011–2012	КАСИБ 12–13	1	3+	0.99 0.11
Омский лазурит				2	5+	1.05 0.13
Г.677	АНИИСХ (ФАНЦА)			2	4+	1.08 0.06
Г.628	ФАНЦА	2013–2014	КАСИБ 14–15	1	14	1.01 0.07
Омский коралл	Омский АНЦ			3	3+	1.24 0.04
Г.748	ФАНЦА	2015–2016	КАСИБ 16–17	1	10	1.71 0.17
Л.1307 д54	Самарский НИИСХ			2	5	0.92 0.18
Леук.1469д-21				3	1+	1.06 0.22
Г.03-20-18	Омский АНЦ			6	2+	0.92 0.08
Г.178-05-2	НПЦЗХ им. А.И. Бараева	2017–2018	КАСИБ 18–19	3	3+	0.99 0.29
Г.05-42-12	Омский АНЦ			4	4+	1.12 0.33
Л.1506-36	Самарский НИИСХ			2	1+	1.12 0.33
Г.08-67-1	Омский АНЦ	2019–2020	КАСИБ 20–21	2	5	1.12 0.07
Л.1970д-5	Самарский НИИСХ			3	8	1.00 0.21
Г.924	ФАНЦА			6	1+	1.10 0.30
Меляна	Оренбургский НИИСХ			1	9	0.98 0.09

Примечание. Г. – гордеиформе, Леук. – леукурум, Л. – линия.

качеству зерна и устойчивости к болезням, в условиях Омской области были низкопродуктивными. Поэтому первостепенное значение по качеству зерна и макарон имеют 56 генотипов. По натуре зерна и качеству макарон в питомнике СИММУТ заслуживают внимания: в 32 IDYN – Torpy 18/Focha 1//Altar 84 (натура 807 г/л, 4.1 балла), Dipper 2/Bushen 3, Rascon 37/2\* Tarro 2; в 30 EDUYT – Ajata/Bichena, Yavaus/Tez//Altar 84, Wizza 23/Cona, Fulvous 1/Meowl 13, Dusky 12/Bushen 4, Cham 3/Comdk//Ajata; в 34 IDYN – Dipper 2/Bushen 3, Yel/Bar/3/Garza/AFN, Rascon 39/Tilo 1; в 32 EDUYT – Chen/Altar 4/3/Hui/..., Eupoda 3/Suv 2//Minimus, Kucuk, SN Turk MI83-84/

Nldkls5; в 36 IDYN – Tarro 1/2\* Yual 1/Ajata 13, Duck 2//Cham 3/3/Canelo 9; в 34 EDUYT – образцы Plata 1/SND//Plata 9, SN Sturk M 183-84503/Lotus 14, GS/CRA/SBA 81; в 38 IDYN – 1A.1D5+10-/2\*WB881, Skest/Krm//Sla/3/...; в 36 EDUYT – Ajaia 12/F3Local, Stot//Altar 84/ALD, Rascon 21/3/Mque. Подробная характеристика вышеуказанных источников представлена в Прил. 1<sup>1</sup>.

По натуре зерна и цвету макарон представляют интерес в качестве источников образцы из ВИР: к-59881, к-59889, к-60388, к-60364, к-6386; по натуре – к-63821, Сладуница;

<sup>1</sup> Приложения 1–4 см. по адресу: <https://sites.icgbio.ru/vogis/download/pict-2022-26/appx9.pdf>

по цветовой оценке макарон – к-61117, к-62657, к-64353, к-64355, к-64354, к-17985, к-60410.

В питомниках КАСИБ представляют ценность по натуре зерна сорта Каргала 1538 (Актюбинская СХОС), Алтын дала, Шарифа (Карабалыкская СХОС), Лан (ТОО Казахский НПЦ ЗиР), Г.178-05-2, Линия 250-06-14 (НПЦЗХ им. А.И. Бараева), Г.94-24-12, Г.96-160-8 (Омская степная), Омский изумруд, Г.98-42-5 (Омский циркон), Г.00-96-8 (Омский лазурит), Г.04-85-4 (Омский коралл), Г.00-178-4 (Омская бирюза), Г.05-42-12, Г.08-67-1 (Омский АНЦ), Г.677, Г.829, Г.864 (ФАНЦА), Линия 653д-44, Л.1469д-21, Г.1591-21, Линия 1970д-5, Линия 2021д-1 (Самарский НИИСХ), Луч 25, Линия Д-2165 (НИИСХ Юго-Востока), Меляна (Оренбургский НИИСХ). По цветовой оценке макарон выделены омские сорта и линии – Г.94-24-12, Омская степная, Омский циркон, Омский лазурит, Г.05-42-12, Омский изумруд, Г.08-67-1; алтайские – Г.677, Г.864; самарские – Линия 653д-44; саратовские – Луч 25; казахстанские – Г.178-05-2 (Прил. 2). Важное значение имеют генотипы Омский циркон, Омский лазурит, Г.05-42-12, Г.864, Линия 653д-44, формирующие зерно с высокой натурой и цветом макарон.

#### Устойчивость к биотическим факторам

В настоящее время одним из направлений экологического земледелия стало создание иммунных сортов для бесpestицидных технологий. Селекция на устойчивость к болезням – это довольно трудоемкий и сложный аспект, поскольку каждый патоген имеет обширный набор физиологических рас и довольно быстро эволюционирует, нередко опережая селекционный процесс нового сорта. Поэтому поиск новых генов устойчивости очень важен в стратегии защиты растений.

В питомниках CIMMYT по устойчивости к твердой головне выявлен 131 генотип (0–1.0%), к мучнистой росе – 112 генотипов (6–7 баллов). Почти все образцы не поражались бурой ржавчиной. Среди образцов, которые имеют преимущество и по другим признакам, 54 устойчивы к твердой головне, бурой ржавчине, 38 – к мучнистой росе. Наибольший интерес представляют формы, обладающие устойчивостью к двум-трем болезням. Среди них следует отметить *Smn 2//Yavaus/Hui/3/* (36 IDYN), *Malmuk 1/Serrator*, *Kucuk 2/Pata 2* (34 EDUYT), которые показали иммунитет к твердой головне, мучнистой росе и бурой ржавчине (степень поражения 0). Особенно интересны генотипы, сочетающие устойчивость с высокими показателями природы зерна и цвета макарон. Прежде всего следует выделить образцы *Dipper 2/Bushen 3*, *Chen/Altar 84/3/Hui//Poc//Bub/Rufo/4/Fnfoot* (32 IDYN); *Lhnke/Rascon//Cona*, *Fulvous 1/Mfowl 13/3/Stot//Altar 84/Ald* (30 EDUYT); *Rascon 39/Tilo 1*, *Yel/Bar/3/Garza/AFN/* (34 IDYN); *Smn 2//Yavaus/Hui/3/*, *Cndo/Primadur//Hai* (36 IDYN); *Ajaia 4/Yebas*, *SN Turk MI83-84*, *Tarro 1/Yuan*, *SN Turk MI83-84 03/Lotus*, *Plata 20/Fillo//* (34 EDUYT) (Прил. 3). Генотипы *Fulvous 1/Meowl 13//Altar 84*, *Chen//Altar 84*... несут гены устойчивости *Lr 23*, *Sr B*, *Sr E*, переданные от сорта *Altar 84* (McIntosh et al., 2008).

Все выделенные по качеству зерна и устойчивости к болезням формы были активно включены в селекционный

процесс. Только в период с 2001 по 2006 г. с участием мексиканских форм проведены скрещивания по 215 гибридным комбинациям. Доля гибридных комбинаций с мексиканскими образцами составила в эти годы 31.6–53.4%. В 2007 г. сделан отбор из гибридной комбинации Омская янтарная//Pod 11/Yazi (31 EDUYT), который в 2018 г. был передан на Государственное испытание под названием «Омский коралл» и в 2021 г. включен в Государственный реестр селекционных достижений. Следует отметить, что большая часть селекционного материала, полученного на основе образцов CIMMYT, была низкоконкурентной по продуктивности и другим признакам. Однако эти линии представляют интерес как исходный материал для дальнейшего селекционного процесса.

В Западной Сибири среди болезней были распространены бурая ржавчина, твердая и пыльная головня, мучнистая роса, и до недавнего времени не наблюдалось проявления стеблевой ржавчины. Первые очаги стеблевой ржавчины на яровой мягкой пшенице были обнаружены в 2007 г., с 2008 по 2014 г. она наблюдалась ежегодно в разной степени, но поражение не превышало 50%, а эпифитотии стеблевой ржавчины возникли начиная с 2015 г. (Россева и др., 2019). В последующие годы стеблевая ржавчина на твердой пшенице проявлялась регулярно со степенью поражения от 70 до 100% (Gulyaeva et al., 2020; Юсов и др., 2021). В последнее время отмечаются эпифитотии стеблевой ржавчины пшеницы в северных регионах Казахстана и на территориях, сопредельных Омской области России. Повышение частоты эпифитотий стеблевой ржавчины связано с появлением новых вирулентных рас возбудителя болезни и возделыванием восприимчивых сортов пшеницы (Рсалиев А.С., Рсалиев Ш.С., 2018).

Результаты оценки изогенных линий из питомника CIMMYT International Stem Rust Trap Nursery (ISRTN) в полевых условиях 2019 г. при максимальном поражении показали, что к местной популяции стеблевой ржавчины эффективными являются гены *Sr23* (Exchange), *Sr25* (Agatha(CI14048)/9\*NMPG-6DK16), *Sr31* (Seri 82), *Sr38* (Trident) (степень поражения 10%, тип поражения R–MR). Сдерживают поражение (до 20%) гены *Sr21* (Einkorn), *Sr26* (Eagle Sr26), *Sr39* (RL 5711), *Sr40* (RL 6087); пирамиды генов *Sr6*, *Sr24*, *Sr36*, *IRS-Am* (Fleming) и *Sr7a*, *Sr12*, *Sr6* (Chris). Остальные линии были поражены на 30–80%, тип поражения MS–S (табл. 5). Стандарт восприимчивости имел степень поражения 90% (тип поражения S). Высокая эффективность генов *Sr31*, *Sr38*, *Sr40* ранее была выявлена в условиях г. Омска (Шаманин и др., 2020). Необходимо отметить, что эффективность генов *Sr21*, *Sr31* у разных сортов была различной. Сорт *Seri 82* проявил устойчивость к популяции, а линия (Benno)/8\*L MPG-8 DK42, тоже несущая ген *Sr31*, поражалась. Аналогичная картина наблюдалась и по эффективности гена *Sr21*, что отмечено в работе (Россева и др., 2017).

Расовый состав популяций стеблевой ржавчины в зависимости от региона значительно различается. Кроме того, биотипный состав рас не однотипен. По данным сравнительного анализа (Hovmøller, 2017), раса TTTTF, выделенная в Омске, существенно отличается от аналогичной сицилийской расы. Этим объясняются различия

**Таблица 5.** Характеристика изогенных линий по устойчивости к стеблевой ржавчине, 2019 г.

Изогенная линия (происхождение линий)	Ген	Степень поражения, %	Тип поражения
Einkorn	<i>Sr21</i>	20	MR
T. monococcum/8*LMPG-6 DK13	<i>Sr21</i>	70	MS
Exchange CI 12635	<i>Sr23</i>	10	R
Agatha (CI 14048)/9*LM PG-6 DK16	<i>Sr25</i>	10	MR
Eagle Sr26	<i>Sr26</i>	10	MS
Kota RL471	<i>Sr28</i>	20	MS
Selection from Webster F3:F4 #6	<i>Sr30</i>	20	MS
Seri 82	<i>Sr31</i>	10	MR
(Benno)/8*L MPG-8 DK42	<i>Sr31</i>	30	MS
Trident	<i>Sr38</i>	10	R
RL 5711	<i>Sr39</i>	20	MR
RL 6087	<i>Sr40</i>	20	MR
Fleming	<i>Sr6, Sr24, Sr36, 1RS-Am</i>	20	MR
Chris	<i>Sr7a, Sr12, Sr6</i>	20	MR
Стандарт восприимчивости	–	90	S

эффективности *Sr*-генов в территориальном и временном пространстве (Сочалова, Лихенко, 2013; Россеева и др., 2017).

За 19 лет существования программы КАСИБ было изучено 210 образцов. В качестве источников устойчивости к местной популяции стеблевой ржавчины выделены сорта: Г.03-20-18, Омская янтарная, Омский изумруд, Г.04-85-4 (Омский коралл), Г.05-42-12, Г.08-67-1, Г.08-107-5 (Омский АНЦ); Каргала 28, Каргала 303, Каргала 1412, Каргала 1514, Каргала 1516/06 (Актюбинская СХОС); Линии 688д-4, 1591д-21, 1560д-18 (Самарский НИИСХ); Дурум 49, Г.69-08-5, Г.178-05-2, Линия 250-06-14 (НПЦЗХ им. А.И. Бараева); Линия № 9 из Карабалыкской СХОС (Юсов и др., 2018).

Среди образцов ВИР селекционную ценность по устойчивости к стеблевой ржавчине представляют: к-6386, к-6662, к-46983, к-60410, Iride, к-65353, к-65733, к-65734.

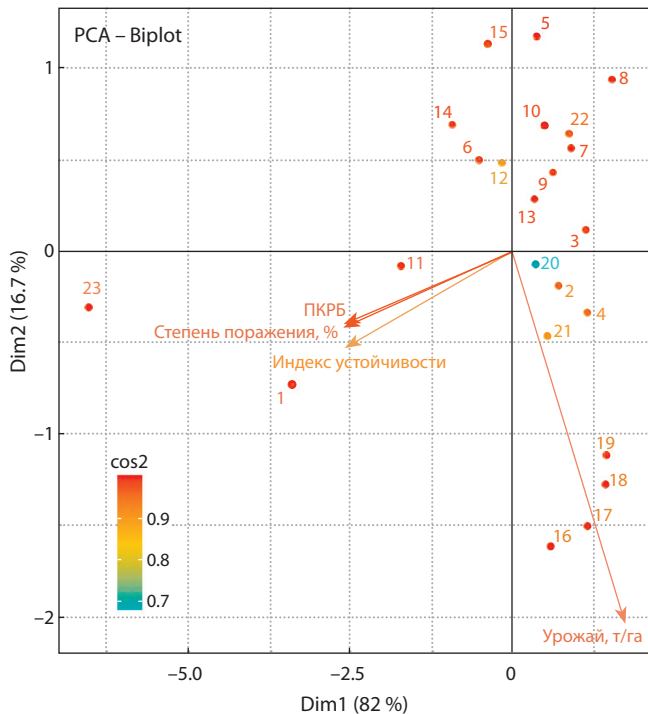
Сравнительное изучение сортов экологического испытания и линий, созданных в Омском АНЦ, показало, что имеются устойчивые формы, но генетический контроль резистентности у них обусловлен не олигогенами (генами вертикальной устойчивости). Сорта Омский изумруд, Омский коралл, Триада, Одиссео, Г.250-06-14, Линии 1927д, Г.07-115-1в, Г.08-76-1, Г.09-122-1, Г.12-9-3, Линии 2016-8-2, 2016-8-4, 2016-13-4 (в соответствии с классификацией А.А. Макарова с коллегами (2003)) являются генотипами с высокой расонеспецифической устойчивостью, индекс устойчивости которых составил за 2019–2020 гг. в среднем 0.21–0.40. У них наблюдается замедленное развитие болезни и, как результат, низкое значение ПКРБ (площади под кривой развития болезни): Омский коралл – 542, Омский изумруд – 696 у. е., тогда как стандартный сорт Жемчужина Сибири имеет значение 1626, а стандарты

восприимчивости – 2230–2873 у. е. Наибольшая степень поражения у изучаемых генотипов не превышала 28.4 %. Минимальное поражение стеблевой ржавчиной (16.7 %) отмечено у Линии 1927д (рис. 1). Урожайность устойчивых образцов была выше стандарта, также у них проявляется четко выраженная неспецифическая устойчивость, которая выражается замедленным развитием заболевания и может сохраняться в течение длительного времени. Умеренной расонеспецифической устойчивостью обладают генотипы Союна, Г.08-107-5, Г.09-68-1, Г.10-32-4, Г.10-33-4, Г.11-48-12, Г.16-8-5, Г.16-13-2.

Проблеме устойчивости к болезням, в том числе к стеблевой ржавчине, в селекционных программах СибНИИСХ (Омский АНЦ) всегда уделялось особое внимание, поэтому в настоящее время созданы сорта, перспективные образцы и линии, которые представляют интерес в первую очередь как источники устойчивости к этому патогену. На заключительных этапах селекционного процесса выделено 15 генотипов, устойчивых к бурой ржавчине, 11 – к стеблевой ржавчине, 8 – твердой головне, 10 – мучнистой росе. Созданы высокопродуктивные селекционные линии с урожайностью более 5.0 т/га (стандарт Жемчужина Сибири – 4.5 т/га), с комплексной устойчивостью к трем-четырем болезням: Г.10-32-3-1, Г.10-63-1, Г.10-71-3, Г.11-98-3, Г.11-75-1, Г.12-31-1 (рис. 2).

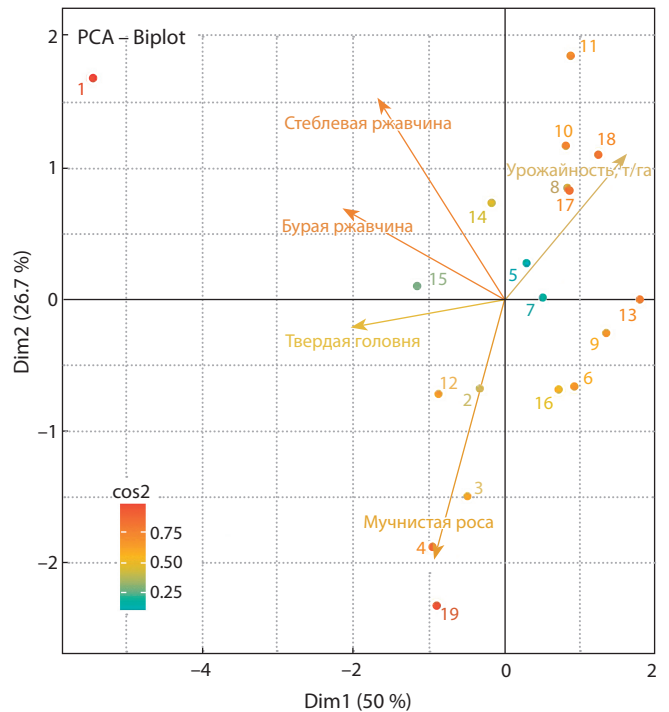
Наряду с этим существует опасность и угроза проникновения из стран Ближнего Востока и Средней Азии вредоносной расы стеблевой ржавчины Ug99, которая была впервые обнаружена на Африканском континенте в Уганде и названа так по месту ее первой находки (Шаманин и др., 2015). Причиной для беспокойства является патотип ТTKSK, который имеет высокие вирулентные свойства и преодолевает эффективность многих генов устойчи-





**Рис. 1.** Распределение сортов и линий твердой пшеницы в плоскости главных компонент по степени поражения стеблевой ржавчиной в полевых условиях 2019–2020 гг.

1 – Жемчужина Сибири, 2 – Омский изумруд, 3 – Омский коралл, 4 – Триада, 5 – Одиссео, 6 – Сояна, 7 – Г.250-06-14, 8 – Линия 1927д, 9 – Г.07-115-1в, 10 – Г.08-76-1, 11 – Г.08-107-5, 12 – Г.0-68-1, 13 – Г.09-122-1, 14 – Г.10-32-4, 15 – Г.10-33-4, 16 – Г.11-48-12, 17 – Г.12-9-3, 18 – Г.16-8-2, 19 – Г.16-8-4, 20 – Г.16-8-5, 21 – Г.16-13-2, 22 – Г.16-13-4.



**Рис. 2.** Распределение сортов яровой твердой пшеницы в плоскости главных компонент по комплексу основных хозяйственно ценных признаков согласно результатам конкурсного и предварительного сортоиспытания (среднее за 2018–2020 гг.).

1 – Жемчужина Сибири, 2 – Омский изумруд, 3 – Г.08-67-1, 4 – Г.09-122-1, 5 – Г.09-73-1, 6 – Г.10-32-3-1, 7 – Г.10-32-12, 8 – Г.10-63-1, 9 – Г.10-71-3, 10 – Г.11-45-2, 11 – Г.11-46-3, 12 – Г.11-97-3, 13 – Г.11-98-3, 14 – Г.12-11-1, 15 – Г.12-12-2, 16 – Г.11-92-2, 17 – Г.11-75-1, 18 – Г.12-31-1, 19 – Г.13-18-3.

ности пшеницы, включая ген *Sr31* (Singh et al., 2015). Показана эффективность генов твердой пшеницы *Sr9e* у сорта Kronos (Li et al., 2021), *Sr13* у сорта Cirilla (Laido et al., 2015) и сорта Fielder (Zhang et al., 2017) в Африке и сортов Kronos, Kofa, Medora, Scepter в Канаде (Simons et al., 2011). Эффективные в условиях Канады гены *Sr8* и *Sr14* идентифицированы у сорта A9919-BY5C (Kumar et al., 2021).

В соответствии с программой международного сотрудничества под эгидой CIMMYT в разные годы для оценки в Кению отправлялся селекционный материал, созданный в Омском АНЦ, а также образцы и линии КАСИБ. В питомниках КАСИБ устойчивость к расе Ug99 проявили семь генотипов: Durum 49, Лавина (НПЦЗХ им. А.И. Бараева), Г.950/99 (Карабалыкская СХОС), Г.748 (ФАНЦА), Л.1307д-54 (Самарский НИИСХ), Омский изумруд, Омский лазурит, Г.11-77-3 (Омский АНЦ). При оценке селекционного питомника 27 номеров показали устойчивость к расе Ug99. К числу иммунных форм относятся Г.08-55-5, Г.08-94-3, Г.12-17-2 (табл. 6).

## Заключение

На основании исследований 2000–2021 гг. при изучении генофонда твердой пшеницы из CIMMYT по урожайности на уровне стандарта Омская янтарная было выделено 50 генотипов, по натуре зерна – 276, цвету макарон –

131 образец, по устойчивости к твердой головне – 131, мучнистой росе – 112 образцов. Почти все образцы не поражались бурой ржавчиной. Изученный набор образцов, представляющих интерес по качеству зерна и устойчивости к болезням, имеет низкую продуктивность в условиях южной лесостепи Западной Сибири. По устойчивости к твердой головне выделено 56 генотипов, к бурой ржавчине – 54, мучнистой росе – 38, в сочетании в другими ценными признаками.

В питомниках КАСИБ по высокой урожайности и адаптивности отобрано 29 образцов, по качеству зерна – 29, по устойчивости к болезням – 21, в том числе к стеблевой ржавчине – 8. Среди сортов из коллекции ВИР выделено 15 адаптивных генотипов, 16 – с высоким качеством зерна, 11 – устойчивых к стеблевой ржавчине.

В условиях Омской области эффективными генами устойчивости к местной популяции стеблевой ржавчины являются *Sr23*, *Sr25*, *Sr26*, *Sr31*, *Sr38*. Сдерживают поражение (до 20 %) гены *Sr39*, *Sr40*, пирамиды генов *Sr6*, *Sr24*, *Sr36*, *IRS-Am* (Fleming) и *Sr7a*, *Sr12*, *Sr6* (Chris).

Создан новый селекционный материал, сочетающий комплексную устойчивость к бурой, стеблевой ржавчине, твердой головне, мучнистой росе с высокой урожайностью и хорошим качеством зерна. При оценке селекционного материала выявлено 17 образцов, устойчивых к местной популяции стеблевой ржавчины (шесть из них

**Таблица 6.** Список образцов, устойчивых к расе Ug99 стеблевой ржавчины (оценка в Кении)

Название	Оригинатор	Степень поражения, %	Тип реакции	Год оценки	Питомник
Durum 49	НПЦЗХ им. А.И. Бараева	10	MS	2011	КАСИБ 12
Г.748	ФАНЦА	5	MSS	2015	КАСИБ 16–17
Лавина	НПЦЗХ им. А.И. Бараева	10	M		
Л.1307д-54	Самарский НИИСХ	10	MSS		
Г.950/99	Карабалыкская СХОС	5	MSS		
Омский изумруд	Омский АНЦ	10	MS	2021	КАСИБ 22
Омский лазурит		10	MS		
Г.11-77-3		0.5	MS		
Г.04-35-8	Омский АНЦ	5	RMR	2011	СП-3
Г.04-54-4		5	RMR		
Г. 04-41-3		5	R	2012	
Г. 04-41-5		5	RMR		
Г.05-3-1		10	M		
Г.07-33-1		10	M		
Г.06-5-3		5	MSS	2015	
Г.07-21-10		10	MSS		
Г.07-28-10		10	MSS		
Г.08-55-5		0			
Г.08-94-3		0			
Г.08-106-8		10	M		
Г.08-107-2		10	MSS		
Г.10-32-7		5	MR	2016	
Г.07-41-4		10	MS		
Г.08-67-1		10	MR		
Г.09-51-1		10	MR		
Г.09-68-2		10	M		
Г.09-122-1		10	MS		
Г.10-32-4		10	MR		
Г. 07-115-1		10	MR	2020	
Г.11-49-1		0.1	MS	2021	
Г.11-46-3		1	MS		
Г.11-98-3		10	MS		
Г.12-17-2		0			
Жемчужина Сибири, стандарт	Омский АНЦ	50	MSS	2021	КАСИБ 22

имеют комплексную устойчивость), и 25 резистентных к расе Ug99.

Выделенные в ходе исследований генотипы представляют интерес как источники ценных признаков. Часть материала включена в научную программу «Хлеба России».

Изученный генофонд твердой пшеницы, включающий большой набор сортообразцов различного эколого-географического происхождения, будет способствовать целенаправленному подбору родительских пар, в соответствии с принципами географической отдаленности и генетической дивергенции, разработанными Н.И. Вавиловым (1935) и актуальными до настоящего времени.

## Список литературы / References

- Вавилов Н.И. Научные основы селекции растений. М.; Л.: Сельхозгиз, 1935.  
[Vavilov N.I. Scientific Foundations of Plant Breeding. Moscow, Leningrad: Selkhozgiz Publ., 1935. (in Russian)]
- Дорохова Д.П., Копусь М.М. Исходный материал и достижения в селекции озимой твердой пшеницы по содержанию каротиноидов в зерне сортов ФГБНУ «АНЦ «Донской». *Зерновое хозяйство России*. 2018;1:1-5. DOI 10.31367/2079-8725-2018-55-1-3-5.  
[Dorokhova D.P., Kopus M.M. The initial material and the achievements in winter durum wheat breeding in a content of carotenoids in the grain of FSBSI "ARC "Donskoy". *Zernovoe Khozjaistvo Ros-*

- sii = Grain Economy of Russia*. 2018;1:1-5. DOI 10.31367/2079-8725-2018-55-1-3-5. (in Russian)]
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012.  
[Dospikhov B.A. Methodology of Field Experiments with the Fundamentals of Statistical Processing of Results. Moscow: Kniga po trebovaniyu Publ., 2012. (in Russian)]
- Евдокимов М.Г. Селекция яровой твердой пшеницы в Сибирском Прииртышье. Омск: Сфера, 2006.  
[Evdokimov M.G. Breeding of Spring Durum Wheat in the Irtysh region, Siberia. Omsk: Sphera Publ., 2006. (in Russian)]
- Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Моргунов А.И., Зеленский Ю.И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(5):515-522. DOI 10.18699/VJ17.23-0.  
[Evdokimov M.G., Yusov V.S., Morgunov A.I., Zelensky Yu.I. Drought tolerance gene pool in developing adaptive varieties of durum wheat identified in study nurseries under the Kazakhstan-Siberian program. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(5):515-522. DOI 10.18699/VJ17.23-0. (in Russian)]
- Зиборов А.И., Розова М.А. Исходный материал для селекции яровой твердой пшеницы на экологическую пластичность в условиях Приобской лесостепи Алтайского края. *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 2012;1(224):44-52.  
[Ziborov A.I., Rozova M.A. Original material for spring durum wheat breeding for ecological plasticity under forest-steppe environments of the Ob River region of Altai Territory. *Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Sciences*. 2012;1(224):44-52. (in Russian)]
- Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка). Уфа, 2011.  
[Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S. Ecological plasticity of agricultural plants: methodology and evaluation. Ufa, 2011. (in Russian)]
- Койшыбаев М. Болезни пшеницы. Анкара: ФАО, 2018.  
[Koishybaev M. Wheat Diseases. Ankara: FAO, 2018. (in Russian)]
- Колмаков Ю.В. Оценка материала пшеницы в селекции и повышение потенциала его качества в зернопроизводстве и хлебопечении. Омск: ОмГАУ, 2007.  
[Kolmakov Yu.V. Evaluation of Wheat Material in Breeding and Increase the Potential of its Quality in Grain Production and Bakery. Omsk: OmGAU Publ., 2007. (in Russian)]
- Лихенко И.Е., Стасюк А.И., Щербань А.Б., Зырянова А.Ф., Лихенко Н.И., Салина Е.А. Изучение аллельного состава генов *Vrn-1* и *Ppd-1* у раннеспелых и среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы Сибири. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014;18(4/1):691-702.  
[Likhenko I.E., Stasyuk A.I., Shcherban A.B., Zyryanova A.F., Likhenko N.I., Salina E.A. Study of allelic composition of *Vrn-1* and *Ppd-1* genes in early-ripening and middle-early varieties of spring soft wheat in Siberia. *Russ. J. Genet.: Appl. Res.* 2015;5(3):198-207. DOI 10.1134/S2079059715030107.]
- Ляпунова О.А., Андреева А.С. Сорта и линии, пополнившие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. *Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(1):7-16. DOI 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16.  
[Lyapunova O.A., Andreeva A.S. Cultivars and lines added to the gene pool of VIR's durum wheat collection in 2000–2019. *Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Seleksii = Proceedings on Applied Botany, Genetics, and Breeding*. 2020;181(1):7-16. DOI 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16. (in Russian)]
- Макаров А.А., Коваленко Е.Д., Соломатин Д.А., Маторина Н.М. Методы полевой и лабораторной оценки неспецифической устойчивости растений к болезням. В: Типы устойчивости растений к болезням. РАСХН, ВИЗР, 2003;17-24.  
[Makarov A.A., Kovalenko E.D., Solomatin D.A., Matorina N.M. Methods for field and laboratory assessment of nonspecific plant resistance to diseases. In: Types of Plant Resistance to Diseases. RAAS, VIZR, 2003;17-24. (in Russian)]
- Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Исходный материал для селекции твердой пшеницы в Среднем Поволжье. *Рос. с.-х. наука*. 2021;6:38-45. DOI 10.31857/S2500262721060077.  
[Malchikov P.N., Myasnikova M.G. Initial material for breeding durum wheat in the Middle Volga region. *Rossiyskaya Selskokhozyaystvennaya Nauka = Russian Agricultural Sciences*. 2021;6:38-45. DOI 10.31857/S2500262721060077. (in Russian)]
- Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(8):939-950. DOI 10.18699/VJ18.436.  
[Malchikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelensky Yu.I. Yield performance and stability of modern breeding stock of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(8):939-950. DOI 10.18699/VJ18.436. (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. СПб.: ВИР, 1999.  
[Merezhko 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 development, preservation, and study of the world collection of wheat, goat grass, and triticale. A.F. Merezhko (Ed.). St. Petersburg: VIR Publ., 1999. (in Russian)]
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Группа Компаний Море, 2019.  
[Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. Moscow: More Publ., 2019. (in Russian)]
- Мухитов Л.А., Тимошенкова Т.А. Исходный материал для селекции яровой твердой пшеницы на качество зерна в степи Оренбургского Предуралья. *Изв. Оренб. гос. аграр. ун-та*. 2018;4(72):66-69.  
[Mukhitov L.A., Timoshenkova T.A. Initial material for spring hard wheat selection for grain quality in the steppes of Orenburg Preduralye. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2018;4(72):66-69. (in Russian)]
- Пенева Т.И., Ляпунова О.А. Электрофоретические спектры глиадина как маркеры генотипов в анализе староместного сорта твердой пшеницы Кубанка. *Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(4):127-135. DOI 10.30901/2227-8834-2020-4-127-135.  
[Peneva T.I., Lyapunova O.A. Electrophoretic patterns of gliadin as markers of genotypes in the analysis of the durum wheat landrace Kubanka. *Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Seleksii = Proceedings on Applied Botany, Genetics, and Breeding*. 2020;181(4):127-135. DOI 10.30901/2227-8834-2020-4-127-135. (in Russian)]
- Розова М.А., Егизарян Е.Е., Зиборов А.И. Результаты изучения допущенных к использованию в России сортов яровой твердой пшеницы по урожайности и качеству зерна в условиях Алтай-

- ского края. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(7):56-61. DOI 10.24411/0235-2451-2020-10709.
- [Rozova M.A., Egiazyarova E.E., Ziborov A.I. The results of the study of the yield and grain quality of spring durum wheat varieties approved for use in Russia under environment of the Altai Territory. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020;34(7):56-61. DOI 10.24411/0235-2451-2020-10709. (in Russian)]
- Россева Л.П., Белан И.А., Мешкова Л.В., Блохина Н.П., Ложникова Л.Ф., Осадчая Т.С., Трубачеева Н.В., Паршина Л.А. Селекция на устойчивость к стеблевой ржавчине яровой мягкой пшеницы в Западной Сибири. *Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та*. 2017;7(153):5-12.
- [Rosseeva L.P., Belan I.A., Meshkova L.V., Blokhina N.P., Lozhnikova L.F., Osadchaya T.S., Trubacheeva N.V., Parshina L.A. Breeding spring soft wheat for resistance to stem rust in West Siberia. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of the Altai State Agricultural University*. 2017;7(153):5-12. (in Russian)]
- Россева Л.П., Мешкова Л.В., Белан И.А., Поползухин П.В., Василевский В.Д., Гайдар А.А., Паршуткин Ю.Ю. Устойчивость сортов мягкой яровой пшеницы к листостебельным патогенам Западной Сибири. *Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та*. 2019;5(175):5-11.
- [Rosseeva L.P., Meshkova L.V., Belan I.A., Popoluzhkhin P.V., Vasilevsky V.D., Gaidar A.A., Parshutkin Yu.Yu. Resistance of soft spring wheat varieties to leafy pathogens in West Siberia. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of the Altai State Agricultural University*. 2019;5(175):5-11. (in Russian)]
- Рсалиев А.С., Рсалиев Ш.С. Основные подходы и достижения в изучении расового состава стеблевой ржавчины пшеницы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(8):967-977. DOI 10.18699/VJ18.439.
- [Rsaliev A.S., Rsaliev Sh.S. Principal approaches and achievements in studying race composition of wheat stem rust. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(8):967-977. DOI 10.18699/VJ18.439.]
- Рустамов Х.Н., Акпаров З.И., Аббасов М.А. Адаптивный потенциал сортов пшеницы твердой (*Triticum durum* Desf.) Азербайджана. *Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(4):22-28. DOI 10.30901/2227-8834-2020-4-22-28.
- [Rustamov Kh.N., Akparov Z.I., Abbasov M.A. Adaptive potential of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) varieties of Azerbaijan. *Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Seleksii = Proceedings on Applied Botany, Genetics, and Breeding*. 2020;181(4):22-28. DOI 10.30901/2227-8834-2020-4-22-28. (in Russian)]
- Самофалова Н.Е., Дерова Т.Г., Дубинина О.В., Иличкина Н.П., Костыленко О.А., Каменева А.С. Устойчивость селекционного материала озимой твердой пшеницы к листовым болезням. *Зерновое хозяйство России*. 2018;2:64-70. DOI 10.31367/2079-8725-2018-56-2-64-70.
- [Samofalova N.E., Derova T.G., Dubinina O.V., Ilichkina N.P., Kostylenko O.A., Kameneva A.S. Tolerance of the selection material of winter durum wheat to leaf diseases. *Zernovoe Khozjaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2018;2:64-70. DOI 10.31367/2079-8725-2018-56-2-64-70. (in Russian)]
- Сочалова Л.П., Лихенко И.Е. Генофонд источников устойчивости мягкой яровой пшеницы к листостебельным заболеваниям. *Достижения науки и техники АПК*. 2013;6:3-6.
- [Sochalova L.P., Likhenco I.E. The gene pool of the sources of resistance of the spring wheat to the leaf diseases. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2013;6:3-6. (in Russian)]
- Фляксбергер К.А. Система пшениц и скрещивание географически отдаленных форм. *Природа*. 1934;4:85-90.
- [Flaksberger K.A. Wheat taxonomy and crossing of geographically distant forms. *Priroda = Nature*. 1934;4:85-90. (in Russian)]
- Шаманин В.П., Моргунов А.И., Петуховский С.Л., Лихенко И.Е., Левшунов М.А., Салина Е.А., Потоцкая И.В., Трущенко А.Ю. Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к стеблевой ржавчине в Западной Сибири. Омск: ОмГАУ, 2015.
- [Shamanin V.P., Morgunov A.I., Petukhovskiy S.L., Likhenco I.E., Levshunov M.A., Salina E.A., Pototskaya I.V., Trushchenko A.Yu. Breeding of Spring Soft Wheat for Resistance to Stem Rust in West Siberia. Омск: ОмГАУ Publ., 2015. (in Russian)]
- Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Салина Е.А., Сколотнева Е.С., Ходсон Д., Хоумвёллер М., Патпур М., Моргунов А.И. Стеблевая ржавчина в Западной Сибири – расовый состав и эффективные гены устойчивости. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020;24(2):131-138. DOI 10.18699/VJ20.608.
- [Shamanin V.P., Pototskaya I.V., Shepelev S.S., Pozherukova V.E., Salina E.A., Skolotneva E.S., Hodson D., Hovmøller M., Patpour M., Morgounov A.I. Stem rust in Western Siberia – race composition and effective resistance genes. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(2):131-138. DOI 10.18699/VJ20.608.]
- Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Мешкова Л.В., Глушаков Д.А. Создание сортов яровой твердой пшеницы, устойчивых к стеблевой ржавчине в Западной Сибири. *Труды по прикл. ботанике, генетике и селекции*. 2021;182(2):131-138. DOI 10.30901/2227-8834-2021-2-131-138.
- [Yusov V.S., Evdokimov M.G., Meshkova L.V., Glushakov D.A. Development of spring durum wheat cultivars resistant to stem rust in Western Siberia. *Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Seleksii = Proceedings on Applied Botany, Genetics, and Breeding*. 2021;182(2):131-138. DOI 10.30901/2227-8834-2021-2-131-138. (in Russian)]
- Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Мешкова Л.В., Кирьякова М.Н., Глушаков Д.А. Характеристика устойчивости образцов пшеницы твердой из питомников КАСИБ к возбудителю бурой ржавчины в условиях Западной Сибири. *Труды Кубан. гос. аграр. ун-та*. 2018;3(72):366-370. DOI 10.21515/1999-1703-72-386-390.
- [Yusov V.S., Evdokimov M.G., Meshkova L.V., Kiryakova M.N., Glushakov D.A. The characteristic of resistance entries of the durum wheat from nurseries KASIB to the brown rust in the conditions of Western Siberia. *Trudy Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Works of the Kuban State Agrarian University*. 2018;3(72):366-370. DOI 10.21515/1999-1703-72-386-390. (in Russian)]
- Gulyaeva E., Yusov V., Rosova M., Malchikov P., Shaydayuk E., Kovalenko N., Wanyera R., Morgounov A., Yskakova G., Rsaliev A. Evaluation of resistance of spring durum wheat germplasm from Russia and Kazakhstan to fungal foliar pathogens. *Cereal Res. Commun.* 2020;48:71-79. DOI 10.1007/s42976-019-00009-9.
- Hovmøller M.S. GRRC report: samples of stem rust infected wheat from Russia. 01/2017. Aarhus: Aarhus University, 2017. [https://agro.au.dk/fileadmin/Country\\_report\\_Russia\\_-\\_August2017.pdf](https://agro.au.dk/fileadmin/Country_report_Russia_-_August2017.pdf) (Accessed July 14, 2020).
- Kan M., Küçükongar M., Keser M., Morgounov A., Muminjanov H., Özdemir F., Qualset C. Wheat landraces inventory of Turkey. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/bahridagdas/Belgeler/Turkey-Wheat-Landrace-Report-2014.pdf> (Accessed August 1, 2022).
- Kumar S., Fetch T.G., Knox R.E., Singh A.K., Clarke J.M., Depauw R.M., Cuthbert R.D., Campbell H.L., Singh D., Bhavani S., Pozniak C.J., Meyer B., Clarke R. Mapping of Ug99 stem rust resistance in Canadian durum wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 2021;43(4):599-611. DOI 10.1080/07060661.2020.1843073.
- Laido G., Panio G., Marone D., Russo M.A., Ficco D.B.M., Giovannello V., Cativelli L., Stefenson B., de Vita P., Mastrangelo A. Identification of new resistance loci to African stem rust race TTKSK in tetraploid wheats based on linkage and genome-wide association mapping. *Front. Plant Sci.* 2015;6:1033. DOI 10.3389/fpls.2015.01033.

- Li H., Hua L., Rouse M.N., Li T., Pang S., Bai S., Shen T., Luo J., Li H., Zhang W., Wang X., Dubcovsky J., Chen S. Mapping and characterization of a wheat stem rust resistance gene in durum wheat "Kronos." *Front. Plant Sci.* 2021;12:751398. DOI 10.3389/fpls.2021.751398.
- McIntosh R.A., Devos K.M., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C.F., Appels R., Somers D.J., Anderson O.A. Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2008 Supplement. [https://wheat.pw.usda.gov/GG3/Wheat\\_Gene\\_Catalog\\_Documents](https://wheat.pw.usda.gov/GG3/Wheat_Gene_Catalog_Documents) (Accessed July 14, 2022).
- Pagnotta M.A., Impiglia A., Oronzo A., Tanzarella O.A., Nachit M.M. Genetic variation of the durum wheat landrace Haurani from different agro-ecological regions. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2005; 51(8):863-869. DOI 10.1007/s10722-005-0775-1.
- Simons K., Abate Z., Chao S., Zhang W., Rose M., Jin Y., Elias E., Dubcovsky J. Genetic mapping of stem rust resistance gene *Sr13* in tetraploid wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2011;122:649-658. DOI 10.1007/s00122-010-1444-0.
- Singh R.P., Hodson D.P., Jin Y., Lagudah E.S., Ayliffe M.A., Bhavani S. Emergence and spread of new races of wheat stem rust fungus: continued threat to food security and prospects of genetic control. *Phytopathology.* 2015;105:872-884. DOI 10.1094/PHYTO-01-15-0030-FI.
- Zhang W., Chen S., Abate Z., Nirmala J., Rouse M.N., Dubcovsky J. Identification and characterization of *Sr13*, a tetraploid wheat gene that confers resistance to the Ug99 stem rust race group. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2017;114:E9483-E9492. DOI 10.1073/pnas.1706277114.

---

#### ORCID ID

M.G. Evdokimov orcid.org/0000-0001-9919-2329  
V.S. Yusov orcid.org/0000-0002-4159-3872  
M.N. Kiryakova orcid.org/0000-0003-2911-1356  
L.V. Meshkova orcid.org/0000-0003-0544-7664  
I.V. Pakhotina orcid.org/0000-0002-9709-1951  
D.A. Glushakov orcid.org/0000-0001-9192-5241

**Благодарности.** Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 06.05.2022. После доработки 13.07.2022. Принята к публикации 29.07.2022.