

Научная статья
УДК 633.11«321»:632.4:631.526.32(571.1) (574.2)
DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103



Использование генофонда сортов и линий СИММУТ в селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири

В. С. Юсов, М. Г. Евдокимов, М. Н. Кирьякова, Д. А. Глушаков

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Вадим Станиславович Юсов, vs_ysov@rambler.ru

Актуальность. Сохранение и расширение генетического разнообразия исходного материала, его целенаправленное использование являются основой для создания адаптивных сортов твердой яровой пшеницы для условий Западной Сибири.

Материалы и методы. Объектом исследований служили сорта и перспективный материал *Triticum durum* Desf., созданный в лаборатории селекции яровой твердой пшеницы ФГБНУ «Омский АНЦ», а также генофонд сортов и линий, полученный по международной программе сотрудничества из СИММУТ. Полевые опыты, оценку устойчивости к болезням, фенологические наблюдения проводили на опытных полях института на протяжении 2000–2020 гг. по общепринятым методикам. Анализ главных компонент (principal component analysis) был проведен с помощью пакета R version 4.0.3. Общую комбинационную способность и специфическую комбинационную способность рассчитывали по методике Дремлюк и Герасименко.

Результаты. Проведенные исследования показали, что линии СИММУТ отличаются от местных сортов и линий по устойчивости к болезням, макаронным свойствам, устойчивости к полеганию, но в условиях Западной Сибири значительно уступают по адаптивности местным сортам и линиям, сильно страдают от засухи, особенно в период налива зерна. В генетическом контроле изученных признаков преобладает аддитивно-доминантная система с подключением комплементарного рецессивного эпистаза. По большинству изученных признаков доминируют сорта местной селекции, исключение составили длина стебля, длина и диаметр второго междоузлия, где низкорослые сорта повлияли на степень выраженности этого признака у гибридов.

Заключение. Результатом изучения и вовлечения в селекционный процесс линии СИММУТ является создание сорта 'Омский коралл', сочетающего в себе высокую продуктивность, адаптивность к климатическим условиям Западной Сибири, устойчивость к местной популяции *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. и Ug99, с отличными макаронными свойствами, а также наличие перспективных линий в селекционных питомниках.

Ключевые слова: *Triticum durum*, анализ главных компонент, селекция, коллекция

Благодарности: работа выполнена по заданию № 0797-2019-0008 «Создание новых сортов пшеницы озимой, яровой мягкой и твердой с улучшенными сложными, экономически значимыми свойствами (продуктивность и качество), повышенной устойчивостью к грибным болезням, биотическим и абиотическим факторам среды». Направление науки X 10.4. Растениеводство, н. 150 программы ФНИГосакадемий на 2013–2020 гг. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Кирьякова М.Н., Глушаков Д.А. Использование генофонда сортов и линий СИММУТ в селекции яровой твердой пшеницы в Западной Сибири. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022;183(1):95-103. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103

Using the gene pool of CIMMYT cultivars and lines in spring durum wheat breeding in Western Siberia

Vadim S. Yusov, Mikhail G. Evdokimov, Marina N. Kiriakova, Denis A. Glushakov

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

Corresponding author: Vadim S. Yusov, vs_ysov@rambler.ru

Background. Preservation and expansion of the source material genetic diversity and its purposeful use is the basis for the development of adaptable spring durum wheat cultivars for the environments of Western Siberia.

Materials and methods. The target research material included the cultivars and promising material of *Triticum durum* Desf. developed in the Spring Durum Wheat Breeding Laboratory of Omsk Agrarian Scientific Center as well as the gene pool of cultivars and lines obtained under the CIMMYT International Cooperation Program. Field trials, disease resistance assessment and phenological observations were carried out on the experimental fields of the Institute in 2000–2020 according to generally accepted methods. Principal component analysis was carried out using the R version of the 4.0.3 package.

Results. The studies have shown that CIMMYT lines differ from local cultivars and lines in disease resistance (brown rust, stem rust, hard smut, and powdery mildew), test weight, pasta-making properties, and lodging resistance, but under the conditions of Western Siberia they are significantly inferior in adaptability to local cultivars and lines and suffer greatly from drought, especially during the grain-filling period. In the genetic control of the studied traits, the additive-dominant system with the inclusion of the complementary recessive epistasis prevails. Local cultivars dominated in most of the studied traits, except the stem length, and the length and diameter of the second internode, where short-stemmed cultivars affected the degree of the traits' expression in hybrids.

Conclusion. The result of such activity was the release of cv. 'Omsky Korall', which combines high yield, adaptability to the climate of Western Siberia, and resistance to the local population of *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. and Ug99, with excellent pasta-making properties, as well as the presence of promising lines in all breeding nurseries.

Keywords: *Triticum durum*, principal component analysis, breeding, collection

Acknowledgments: the work was carried out under Assignment No. 0797-2019-0008 "Developing new cultivars of winter wheat, spring and durum wheat with improved complex and economically significant properties (productivity and quality), and higher resistance to fungal diseases, biotic and abiotic environmental factors". Research Direction X 10.4. Crop Production, n. 150 of the Federal Scientific Research Program for the State Academies for 2013–2020.

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

For citation: Yusov V.S., Evdokimov M.G., Kiriakova M.N., Glushakov D.A. Using the gene pool of CIMMYT cultivars and lines in spring durum wheat breeding in Western Siberia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(1):95-103. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-95-103

Введение

Твердая пшеница *Triticum durum* Desf. в Западно-Сибирском регионе возделывается в степной и лесостепной зонах. Условия этих зон позволяют получить стекловидное зерно с высоким содержанием белка и клейковины, способное конкурировать на мировом рынке. В то же время это типичный аридный регион, с недобором осадков и высокими температурами в отдельные периоды вегетации (Evdokimov, Yusov, 2008; Malchikov et al., 2014). Основными слагаемыми успешного создания новых сортов в этих условиях являются: четкое обоснование модели сорта; наличие генетически разнообразного исходного материала; целенаправленный подбор пар при гибридизации и отбор генотипов в поколениях (Evdokimov et al., 2020). Необходимость вовлечения в селекционные программы мирового разнообразия исходного материала и их диких сородичей подчеркивали Н. И. Вавилов (Vavilov, 1935), А. Ф. Мережко (Merezhko, 1984). Кроме того, в селекционные программы должны включаться новейшие сорта мировой селекции. На сегодняшний день в мире насчитывается более 200 разнообразных коллекций пшеницы (Mitrofanova, 2012). В России мировая коллекция Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) насчитывает более 6000 образцов твердой пшеницы из всех регионов происхождения и распространения культуры (Lyapunova, Andreeva, 2020).

Одна из наиболее крупных коллекций твердой пшеницы создана и активно используются в международном центре CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) в Мексике. Уникальная селекционная программа чешночной селекции, разработанная в центре Норманом Борлаугом, включает в себя вовлечение в селекционный процесс генетического разнообразия культур из различных стран с последующей оценкой селекционных питомников и отбор в различных экологических условиях лучших линий по устойчивости к болезням, качеству зерна, засухо- и солеустойчивости (Rajaram et al., 1994; Ammar, 2009; Syukov et al., 2017).

Цель данной работы – оценить эффективность использования генофонда сортов и линий CIMMYT в селекции яровой твердой пшеницы для условий Западной Сибири.

Материал и методы

Объектом исследований служили сорта и перспективный материал твердой пшеницы, созданные в лаборатории селекции яровой твердой пшеницы Омского АНЦ, а также генофонд сортов и линий, полученный по международной программе сотрудничества из CIMMYT. В период с 2000 по 2007 г. по этой программе изучили 2348 генотипов из международных питомников отборов и испытания: International Durum Yield Nursery (IDYN); Elite Durum Unreprezielde Yield Trials (EDUYT); International Durum Screening Nursery (IDSN).

Посев питомников проводился 15-16 мая по пару в специализированном севообороте лаборатории селекции твердой пшеницы Омского АНЦ с площадью делянки 2-3 м². Фенологические наблюдения проводили в соответствии с требованиями и рекомендациями ВИР (Merezhko et al., 1997). В 2003 г. для определения комбинационной способности в качестве материнских форм были использованы сорта и линии Гордеиформе 96-80-4, Леукурум 94-104-8, Гордеиформе 94-13-3, Гордеиформе 96-

160-6, Гордеиформе 95-109-22, Гордеиформе 94-131-2, 'Омский корунд'; в качестве отцовских – Dipper 2/Bushek 3, Dack/Kiwi//Oste/3/Chen 84_1/4/Mexi 75/5, 'Altar 84', Pod11/Yazi1. В 2004 и 2005 г. в скрещивания были включены Гордеиформе 441, Гордеиформе 94-9-1, 'Омская янтарная', 'Омский корунд' в качестве материнских форм, а Shake3/Green18, Silver26/Toska26, SnTurkMi83-84-375/Nldkls 5//TantloL, Sooty 15/Kapude 1 в качестве отцовских. Общую комбинационную способность (ОКС) и специфическую комбинационную способность (СКС) рассчитывали по методике, предложенной Г. К. Дремлюк и В. Ф. Герасименко (Dremlyuk, Gerasimenko, 1992). Анализ главных компонент (principal component analysis, PCA) был проведен с помощью пакета R version 4.0.3. С 2007 по 2011 г. линии, полученные в результате скрещиваний с образцами CIMMYT, проходили отбор и изучение в селекционных питомниках; в этот же период лучшие линии были вовлечены во второй этап скрещиваний.

Результаты и обсуждения

Проведенные исследования показали, что основная часть исходного материала из CIMMYT в условиях Западной Сибири значительно уступает по адаптивности местным сортам и линиям, сильно страдает от засухи, особенно в период налива зерна. Это также подтверждается оценкой этого материала на Алтае (Yanchenko et al., 2003). Анализ главных компонент в двухмерном пространстве позволяет оценить взаимосвязь изученных признаков – устойчивость к стеблевой и бурой ржавчине, мучнистой росе, содержание белка, цвет макарон, устойчивость к полеганию и натура зерна. На рисунке 1 наглядно видны различия между образцами местной селекции и CIMMYT – длина вектора представляет групповую корреляцию признака, а направленность вектора вдоль главных компонент свидетельствует о вкладе признака в изучаемую группу.

Изученный материал достаточно интересен и отличается от местных сортов и линий устойчивостью к болезням (бурой ржавчине, стеблевой ржавчине, твердой головне, мучнистой росе) и полеганию, повышенной натурой зерна. Лучшие образцы по устойчивости к болезням и качеству зерна были включены в скрещивания. Это Boomer 1/Snm//Plata 9, D86135/Ac08t//Porrqn 4, 'Altar 84', Dack/Kiwi//Oste/3/Chen 84_1/4/Mexi 75/5, Dipper 2/Bushen 3, Dukem 12/2/Rascon 21, Focha 1/Musk 3, Himam 9/Lotus 1, Loph 11/Casca 1, 'Mexicali 75', Plata8/4/Garza/Afn//Cra//3gta/5/Rascon, Plata 1/Shm//Plata 9, Pod 11/Yazi 1, Rascon 39/3/Celta/Yavaus//Hui/Tub, Plata 13/Akaki 4//A3aia2', Rascon 37/2*Tar 80, Rascon 37/Boomer 20, Silver 26/ Toska 26, SnTurk/Mi83-84-375/Nigris 5//Tantlo, Sooty 15/Kapude 1, 'Yavaros 79', Sooty 9/Rascon 37. Всего с 2001 по 2006 г. осуществили 215 комбинаций скрещиваний.

Параллельно был проведен анализ комбинационной способности по основным хозяйственно ценным признакам, который выявил многообразие систем генетического контроля. В то же время четкой стабильности генетических систем по признакам не выявлено, так как комбинационная способность зависит от компонентов скрещивания. В основном преобладает аддитивно-доминантная система с подключением комплементарного рецессивного эпистаза (табл. 1). При изучении степени фенотипического доминирования выявлено преобладание сверхдоминирования и неполного доминирования.

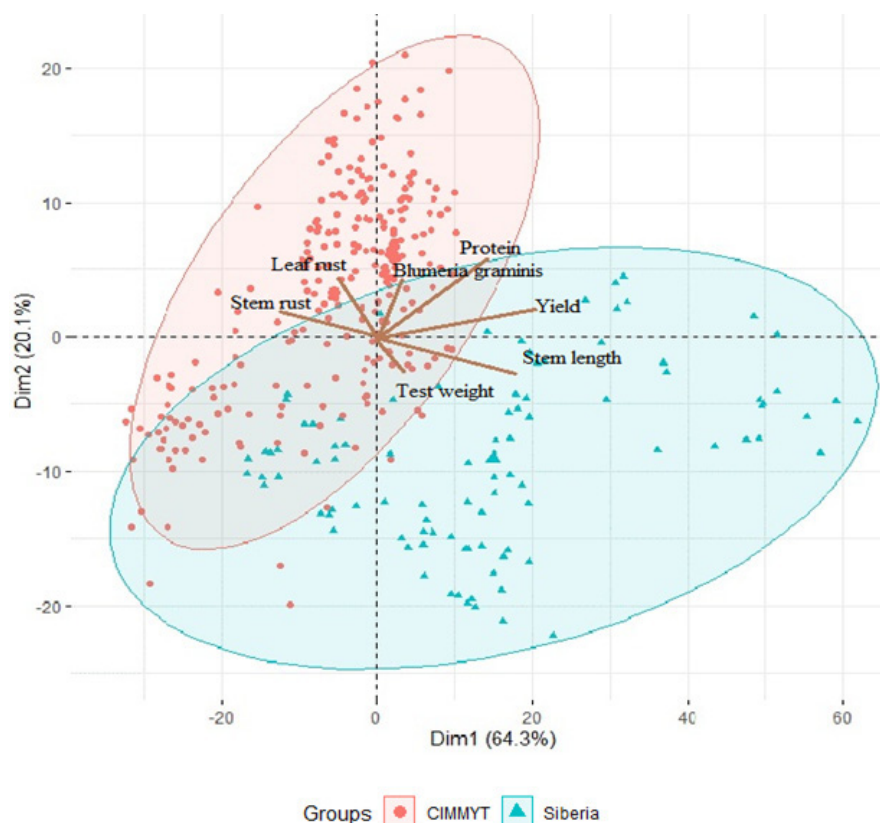


Рис. 1. Анализ главных компонент основных хозяйственно ценных признаков линий твердой пшеницы селекции CIMMYT и Омского АНЦ (2000–2004 гг.)

Fig. 1. Principal component analysis of the main agronomic traits in durum wheat lines developed at CIMMYT and Omsk Agrarian Scientific Center (2000–2004)

Таблица 1. Анализ комбинационной способности твердой пшеницы по комплексу хозяйственно ценных признаков F₁ (2003–2005 гг.)

Table 1. Analysis of the combining ability in durum wheat according to a set of agronomic traits in F₁ (2003–2005)

Признаки	2003 год			2004, 2005 год по серии			Коэффициент наследуемости	
	ОКС ♀ / GCA ♀	ОКС ♂ / GCA ♂	СКС / SCA	ОКС ♀ / GCA ♀	ОКС ♂ / GCA ♂	СКС / SCA	H ²	h ²
Количество зерен в колосе	29,79	10,21	30,28	27,96	27,86	41,04	0,724 – 0,856	0,234 – 0,397
Масса зерна с главного колоса	37,51	43,76	15,31	22,85	16,13	57,15	0,743 – 0,479	0,215 – 0,320
Длина колоса	48,38	25,34	23,39	35,58	21,23	41,76	0,810 – 0,781	0,190 – 0,368
Число колосков в колосе	41,77	32,51	21,36	44,78	26,57	27,07	0,727 – 0,856	0,254 – 0,397
Масса 1000 зерен	-	-	-	15,55	27,23	49,67	0,489 – 0,747	0,061 – 0,120
Натура зерна	-	-	-	32,63	19,69	43,56	0,716 – 0,775	0,113 – 0,168
Цвет макарон	-	-	-	35,48	21,95	40,60	0,703 – 0,928	0,453 – 0,494
Длина стебля	31,52	40,79	20,55	32,75	27,45	39,10	0,670 – 0,918	0,277 – 0,408

Таблица 1. Окончание

Table 1. The end

Признаки	2003 год			2004, 2005 год по серии			Коэффициент наследуемости	
	ОКС ♀ / GCA ♀	ОКС ♂ / GCA ♂	СКС / SCA	ОКС ♀ / GCA ♀	ОКС ♂ / GCA ♂	СКС / SCA	H ²	h ²
Длина 1-го надземного междоузлия	29,17	19,91	30,88	29,52	31,91	38,05	0,420 – 0,653	0,312 – 0,344
Длина 2-го надземного междоузлия	48,54	26,56	17,13	27,43	27,43	42,38	0,281 – 735	0,187 – 0,374
Диаметр 1-го надземного междоузлия	51,4	17,53	20,28	25,17	49,51	24,03	0,309 – 0,349	0,168 – 0,240
Диаметр 2-го надземного междоузлия	55,34	14,46	17,93	18,73	33,71	42,12	0,432 – 0,892	0,322 – 0,327
Диаметр узла 1-го надземного междоузлия	42,75	14,18	11,87	26,15	30,97	39,00	0,424 – 0,824	0,275 – 0,311
Диаметр узла 2-го надземного междоузлия	45,81	8,68	14,41	26,88	39,10	30,19	0,786 – 0,869	0,456 – 0,781

Примечание: ОКС – общая комбинационная способность; СКС – специфическая комбинационная способность; H² – коэффициент наследуемости широкий; h² – коэффициент наследуемости узкий

Note: GCA – general combining ability; SCA – specific combining ability; H² – gene effects, broad; h² – gene effects, narrow

По большинству изученных признаков доминируют сорта местной селекции, исключение составили длина стебля, длина и диаметр второго междоузлия, где низкорослые сорта повлияли на степень выраженности этого признака у гибридов. Все линии СИММУТ сокращали длину стебля, длину междоузлий и увеличивали их диаметры, что очень важно в селекции на устойчивость к полеганию.

Хорошими донорскими свойствами на признаковую селекцию выделялись такие линии, как Dack/Kiwi//Oste/3/Chen 84_1/4/Mexi 75/5, Sooty 15/Kapude 1 и Dipper 2/Bushek 3 – по числу зерен в колосе; Silver 26/Toska 26 – по массе зерна с главного колоса; SnTurk Mi83-84-375/Nldkls 5//Tantlo_L и Pod 11/Yazi 1 – по массе 1000 зерен и цвету макарон. В процессе изучения этого материала были выявлены и негативные факторы его использования – наличие высокоэкспрессивных генов короткостебельности и отсутствия разновидностей с красной окраской колоса. В аридных условиях резко континентального климата Западной Сибири короткостебельные сорта могут иметь в настоящее время только локальное значение для условий интенсивного ведения растениеводства, поскольку значительное сокращение высоты приводит к понижению продуктивности и ее основных элементов (продуктивной кустистости, числа колосков и зерен в колосе, крупности зерна); также формируется более короткое колеоптиле и уменьшается площадь листовой поверхности (Trethowan et al., 2001; Tsygankov I.G., Tsygankov V.I., 2003; Evdokimov, 2006). Состав линий СИММУТ представлен белоколосыми разновидностями: *leucurum* (Alef.) Koern., *leucomelan* (Alef.) Koern. и *melanopus* (Alef.) Koern. Ранее было установлено, что в условиях Западной Сибири преимущество имеют генотипы с крас-

ной окраской колоса, поскольку они эффективнее используют солнечные тепловые лучи, что благоприятно сказывается на режиме биохимических процессов, происходящих в зерновке в период ее формирования. В связи с этим в условиях Западной Сибири предпочтительнее отбирать селекционные формы с красной окраской колоса и остей (*var. hordeiforme* (Host) Koern.) (Evdokimov, Yusov, 2001).

Из всех изученных признаков отбор будет успешным по диаметру узла второго междоузлия, длине стебля и цвету макарон, что подтверждается высоким коэффициентом наследуемости в узком смысле (см. табл. 1). По остальным признакам эффективность отбора генотипов снижается (получены низкие коэффициенты наследуемости (h²), и положительный результат может быть достигнут только увеличением объемов выборки, при этом условия среды вносят значительный вклад в степень выраженности количественных признаков. С целью ускорения селекционного процесса нами проводился отбор из ранних поколений на разреженных посевах с учетом высоты и толщины узлов первого и второго надземных междоузлий. Следующий отбор с учетом хозяйственно ценных признаков проводился в потомстве отобранных растений.

С 2007 по 2011 г. в общей схеме селекционного процесса почти во всех селекционных питомниках (СП), за исключением конкурсного, в изучении находились образцы, полученные с участием мексиканских форм: в СП1 – 1650 линий, в СП2 – 115 линий, в СП3 – 19 линий и 2 линии в предварительном сортоиспытании. Более 98% образцов, полученных от скрещиваний с линиями СИММУТ, браковались в первом и втором селекционном питомнике. Выделенные генотипы в СП3 и ПСИ пред-

ставляют интерес по продуктивности, устойчивости к болезням, качеству зерна и макарон, но почти весь материал отличается слабой адаптивностью к условиям Западной Сибири (слабая засухоустойчивость, короткостебельность, пониженная сохранность к уборке, поражение стеблевой ржавчиной омской популяции). Конкурсное сортоиспытание прошел только один сорт – ‘Омский коралл’ (селекционная линия Гордеиформе 04-85-4), полученный от скрещивания в 2004 г. сорта ‘Омская янтарная’ и линии Pod 11/Yazi 1 и включенный в Государственный реестр селекционных достижений РФ по 10 региону с 2021 г.

Сорт ‘Омский коралл’ среднеспелый, вегетационный период – 80–96 суток (в среднем – 94 суток); практически устойчив к бурой листовой ржавчине, к стеблевой ржавчине расы Ug99 и местной популяции. По оценке ученых GRRC, расы *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. в Омской области имеют необычную вирулентность по сравнению с расами, распространенными в других азиатских и африканских странах; раса TTTTF, выделенная из популяции 2016 г., отличается от «сицилийской» TTTTF (Novmøller, 2017). Сорт в меньшей степени поражается твердой головней и мучнистой росой; обладает высокой стабильной урожайностью, устойчивостью к засухе и полеганию. Средняя урожайность по чистому пару за 2015–2020 гг. в КСИ – 4,5 т/га. Цветовая оценка макарон – 3,5 балла.

С 2009 г. начался второй этап скрещиваний лучших отобранных линий, полученных с участием образцов из CIMMYT, и наиболее адаптивных, с высоким качеством

зерна и макарон образцов омской селекции. На 2020 г. в схеме селекционного процесса на завершающих этапах находились 19 линий (в СПЗ – 12, в ПСИ – 4 и в КСИ – 3).

Эти линии уже кардинально отличаются от исходных форм: они более адаптивны к условиям Западной Сибири, обладают хорошим качеством зерна, отличаются повышенной устойчивостью к стеблевой и бурой ржавчине, что подтверждается расположением сортов вдоль главных компонент (рис. 2).

Характеристика лучших линий представлена в таблице 2. Максимальная урожайность от 5,12 до 5,36 т/га была получена у линий Гордеиформе 12-31-1, Гордеиформе 12-30-3 и Гордеиформе 14-41-2. По числу зерен в колосе различия составили от 23,9 до 32,4 штук, при этом пять линий по этому показателю превосходили сорт-стандарт ‘Жемчужина Сибири’. В Западной Сибири урожайность яровой пшеницы находится в высокой положительной зависимости от массы зерна с колоса. По этому признаку представляют интерес линии Гордеиформе 12-30-4, Гордеиформе 12-31-1 и Гордеиформе 13-55-5. По натуре зерна все линии имеют показатели, соответствующие 1 классу ГОСТ (более 770 г/л). Цвет макарон – важный сортовой признак твердой пшеницы, лучшими считаются макароны с оценкой 4-5 баллов. По этому показателю выделяются линии Гордеиформе 12-30-4, Гордеиформе 12-30-3, Гордеиформе 13-60-3 и Гордеиформе 13-60-5. Все выделенные линии имеют высокую устойчивость к стеблевой ржавчине, и это очень важно, так как в последние годы в Западной Сибири увеличивается частота эпифитотий этого патогена.

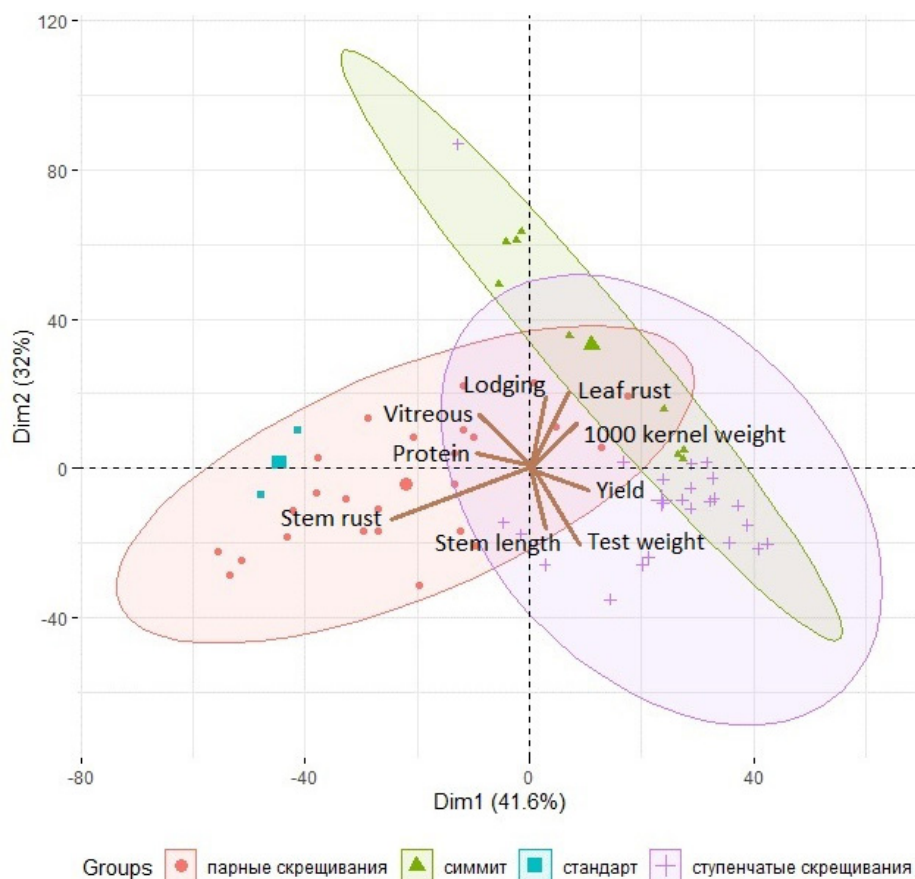


Рис. 2 Анализ главных компонент основных хозяйственно ценных признаков линий твердой пшеницы селекции CIMMYT и Омского АНЦ (2012–2020 гг.)

Fig. 2. Principal component analysis of the main agronomic traits in durum wheat lines developed at CIMMYT and Omsk Agrarian Scientific Center (2012–2020)

Таблица 2. Характеристика лучших линий твердой пшеницы СП-3, ПСИ, КСИ по комплексу хозяйственно ценных признаков, 2019–2020 гг.
Table 2. Description of the best durum wheat lines SP-3, PSI and KSI according to a set of agronomic traits, 2019–2020

Линия	Урожайность т/га	Высота, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна главного колоса, г	Натура, г/л	Цвет сухих макарон, балл	Пыльная головня, %	Бурая ржавчина, %	Стеблевая ржавчина, %	Белок, %
Gordeiforme 12-30-4	4,72	107,0	31,50	1,38	816	3,20	0	5	30	12,50
Gordeiforme 12-31-1	5,12	109,0	32,40	1,30	807	3,00	1,1	5	30	13,10
Gordeiforme 12-30-3	5,36	100,7	25,11	1,23	796	3,20	0	0	10	14,67
Gordeiforme 12-39-7	4,94	98,5	27,34	1,28	809	3,00	0	0	5	13,90
Gordeiforme 13-59-3	5,05	95,5	28,13	1,02	794	3,00	0	5	5	14,70
Gordeiforme 13-55-5	4,65	100,5	27,5	1,30	804	3,10	0	5	8	14,50
Gordeiforme 13-60-3	5,02	100,2	27,95	1,02	803	3,20	0	0	13	14,85
Gordeiforme 13-60-5	5,12	95,5	29,50	1,28	817	3,40	0	0	7,5	14,20
Gordeiforme 14-41-2	5,27	110,1	23,9	1,0	784	3,00	1,0	60	20	14,30
Gordeiforme 14-90-5	4,88	107,4	28,13	1,12	785	2,90	0	0	5,5	14,70
Zhemchuzhina Sibiri (reference)	4,18	101,2	26,20	1,02	773	3,13	2,3	60	45,5	13,51
Omsky Korall (reference)	4,62	95,0	31,78	1,12	770	3,15	9,85	2,20	13,0	13,79
Mean	4,99	102,4	28,14	1,19	796	3,10	0,21	8,00	14,4	14,14

Заключение

Проведенные исследования показали, что исходный материал из СИММУТ (Мексика) в условиях Западной Сибири значительно уступает по адаптивности отечественным сортам, однако среди изученного материала выявлены формы, представляющие интерес по устойчивости к бурой и стеблевой ржавчинам, твердой головне, мучнистой росе, по натуре зерна и макаронным свойствам. В генетическом контроле изученных признаков преобладает аддитивно-доминантная система с подключением комплементарного рецессивного эпистаза. По большинству изученных признаков доминируют сорта местной селекции; исключение составили длина стебля, длина и диаметр второго междоузлия, где низкорослые сорта повлияли на степень выраженности этих признаков у гибридов. Вовлечение в селекционный процесс этих образцов позволило создать ценный исходный материал для селекции яровой твердой пшеницы, сочетающий лучшие признаки селекционных линий СИММУТ и адаптивность к условиям Западной Сибири. Результатом изучения и вовлечения в селекционный процесс линии СИММУТ является создание сорта 'Омский коралл', сочетающего в себе высокую продуктивность, адаптивность к климатическим условиям Западной Сибири, устойчивость к местной популяции *P. graminis* f. sp. *tritici* и Ug99, с отличными макаронными свойствами, а также наличие перспективных линий в СПЗ, ПСИ и КСИ.

References / Литература

Ammar K. Durum wheat breeding. *Annual Wheat Newsletter*. 2009;55:112-114. Available from: https://wheat.pw.usda.gov/ggpages/awn/55/TEXTFILES/MEXICO_CIMMYT.pdf [accessed July 14, 2020].

Dremlyuk G.K., Gerasimenko V.F. Ways to analyze combining ability using computers. Programs for occasional crossings (Priyemy analiza kombinatsionnoy sposobnosti i EVM. Programmy dlya neregulyarnykh skreshchivaniy). Moscow: Agropromizdat; 1992. [in Russian] (Дремлюк Г.К., Герасименко В.Ф. Приемы анализа комбинационной способности и ЭВМ. Программы для нерегулярных скрещиваний. Москва: Агропромиздат; 1992).

Evdokimov M.G. Spring durum wheat breeding in the south of Western Siberia (Seleksiya yarovoy tverдой pshenitsy v usloviyakh yuga Zapadnoy Sibiri) [dissertation]. Omsk; 2006. [in Russian] (Евдокимов М.Г. Селекция яровой твердой пшеницы в условиях юга Западной Сибири: дис. ... докт. с.-х. наук. Омск; 2006). URL: <https://www.dissertat.com/content/seleksiya-yarovoiv-tverdoi-pshenitsy-v-usloviyakh-yuga-zapadnoi-sibiri> [дата обращения: 12.08.2020].

Evdokimov M.G., Yusov V.S. Breeding of adaptive varieties of spring durum wheat (Seleksiya adaptivnykh sortov yarovoy tverдой pshenitsy). In: *Problems of breeding and seed production of field crops in Western Siberia and Kazakhstan. Materials of a workshop, Kulunda Agricultural Experiment Station, Altai Territory, February 27–28, 2001 (Problemy seleksii i semenovodstva polevykh kultur v Zapadnoy Sibiri i Kazakhstane. Materialy seminara, Kulundinskaya SKhOS. Altayskiy krai, 27–28 fevralya 2001 g.)*. Barnaul; 2001. p.16-22. [in Russian] (Евдокимов М.Г., Юсов В.С. Селекция адаптивных сортов яровой твердой пшеницы. В кн.: *Проблемы селекции и семеноводства полевых культур в Западной Сибири и Казахстане. Материалы семи-*

нара, Кулундинская СХОС, 27–28 февраля 2001 г. Барнаул; 2001. С.16-22).

Evdokimov M.G., Yusov V.S. Spring durum wheat in the Siberian Irtysh region (Yarovaya tverdaya pshenitsa v Sibirskom Priirtyshye). Omsk; 2008. [in Russian] (Евдокимов М.Г., Юсов В.С. Яровая твердая пшеница в Сибирском Прииртышье. Омск; 2008).

Evdokimov M.G., Yusov V.S., Mechkova L.V., Pahotina I.V. The strategy of selective breeding of durum wheat in Western Siberia. In: *Current trends in the development of agricultural science. Collection of scientific articles dedicated to the 50th anniversary of the Omsk ASC breeding center (Aktualnye napravleniya razvitiya agrarnoy nauki. Sbornik nauchnykh statey, posvyashchenny 50-letiyu selektsionnogo tsentra FGBNU "Omskiy ANTs")*. Omsk; 2020. p.78-94. [in Russian] (Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Мешкова Л.В., Пахотина И.В. Стратегия селекции твердой яровой пшеницы в Западной Сибири. В кн.: *Актуальные направления развития аграрной науки. Сборник научных статей, посвященный 50-летию селекционного центра ФГБНУ «Омский АНЦ»*. Омск; 2020. С.78-94). URL: http://anc55.ru/wp-content/uploads/2020/09/sbornik-avgust_compressed.pdf [дата обращения: 23.10.2020].

Hovmøller M.S. GRRC report: Samples of stem rust infected wheat from Russia. 01/2017. Aarhus: Aarhus University; 2017. Available from: https://agro.au.dk/fileadmin/Country_report_Russia_-_August2017.pdf [accessed July 14, 2020].

Lyapunova O.A., Andreeva A.S. Cultivars and lines added to the gene pool of VIR's durum wheat collection in 2000–2019 *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(1):7-16. [in Russian] (Ляпунова О.А., Андреева А.С. Сорта и линии, пополнявшие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020; 181(1):7-16). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16

Malchikov P.N., Myasnikova M.G., Shabolkina E.N., Anisimkina N.V., Chakheeva T.V. Prospects for improvement in the durum wheat breeding in Middle Volga region. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014;16(5-3):1143-1152. [in Russian] (Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В., Чакеева Т.В. Перспективы улучшения качества твердой пшеницы в процессе селекции в Среднем Поволжье. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014;16(5-3):1143-1152).

Merezhko A.F. (comp.). The system of genetic study of the source material for plant breeding: guidelines (Sistema geneticheskogo izucheniya iskhodnogo materiala dlya seleksii rasteniy: metodicheskiye ukazaniya). Leningrad: VIR; 1984. [in Russian] (Система генетического изучения исходного материала для селекции растений: методические указания / сост. А.Ф. Мережко. Ленинград: ВИР; 1984).

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 study of the world collection of wheat, *Aegilops* and triticale (Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu mirovoy kollektsii pshenitsy, egilopsa i tritikale). A.F. Merezhko (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., Богу-

- славский Р.Л., Абдулаева А.К., Чижида Н.Н., Митрофанова О.П., Потокина 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.
- Mitrofanova O.P. Wheat genetic resources in Russia: current status and pre-breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2012;16(1):10-20. [in Russian] (Митрофанова О.П. Генетические ресурсы пшеницы в России: состояние и предселекционное изучение. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012;16(1):10-20).
- Rajaram S.M., van Ginkel M, Fischer R.A. CIMMYT's wheat breeding mega-environments. In: Z.S. Li, Z.Y. Xin (eds). *Proceedings of the Eighth International Wheat Genetics Symposium*. Beijing; 1994. p.1101-1106. Available from: https://www.researchgate.net/publication/303281451_CIMMYT's_wheat_breeding_mega-environments_ME [accessed July 10, 2020].
- Syukov V.V., Zakharov V.G., Menibaev A.I. Ecological plant breeding: types and practice. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(5):534-536. [in Russian] (Сюков В.В., Захаров В.Г., Менибаев А.И. Экологическая селекция растений: типы и практика. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(5):534-536). DOI: 10.18699/VJ17.270
- Trethowan R.M. Singh R.P, Huerta-Espino J., Crossa J., van Ginkel M., Coleoptile length variation of near-isogenic Rht lines of modern CIMMYT bread and durum wheats. *Field Crops Research*. 2001;70(3):167-176. DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00153-2
- Tsygankov I.G., Tsygankov V.I. The use of a variety of morphological features in the creation of environmentally sustainable varieties of spring wheat in Western Kazakhstan. *Bulletin of the Regional Network of Wheat Variety Promotion and Seed Production*. 2003;1(4):140-143. [in Russian] (Цыганков И.Г., Цыганков В.И. Использование разнообразия морфологических признаков при создании экологически устойчивых сортов яровой пшеницы в Западном Казахстане. *Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству*. 2003;1(4):140-143).
- Vavilov N.I. Scientific bases of wheat breeding (Nauchnye osnovy selektsii pshenitsy). Moscow; Leningrad: Selkhozgiz; 1935. [in Russian] (Вавилов Н.И. Научные основы селекции пшеницы. Москва; Ленинград: Сельхозгиз; 1935).
- Yanchenko V.I., Rozova M.A., Melnik V.M. The use of the gene pool of durum spring wheat in the creation of highly adaptive varieties of the Siberian ecotype (Ispolzovaniye genofonda tverdoy yarovoy pshenitsy v vyyavlenii vysokoadaptivnykh sortov Sibirskogo ekotipa). In: *Materials of the 1st Central Asian Conference on Wheat, Almaty, June 10-13, 2003 (Materialy 1-oy Tsentralno-Aziatskoy konferentsii po pshenitse, Almaty, 10-13 iyunya 2003 g.)*. Almaty; 2003. p.151-152. [in Russian] (Янченко В.И., Розова М.А., Мельник В.М. Использование генофонда твердой яровой пшеницы в создании высокоадаптивных сортов Сибирского экотипа. В кн.: *Материалы 1-ой Центрально-Азиатской конференции по пшенице, Алматы, 10-13 июня 2003 г.* Алматы; 2003). С.151-152).

Информация об авторах

Вадим Станиславович Юсов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, Омский аграрный научный центр, 644012 Россия, Омск, пр. Королева, 26, vs_ysov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4159-3872>

Михаил Григорьевич Евдокимов, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Омский аграрный научный центр, 644012 Россия, Омск, пр. Королева, 26, misha-emg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9919-2329>

Марина Николаевна Кирьякова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Омский аграрный научный центр, 644012 Россия, Омск, пр. Королева, 26, m_kiriakova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2911-1356>

Денис Александрович Глушаков, младший научный сотрудник, Омский аграрный научный центр, 644012 Россия, Омск, пр. Королева, 26, denis189539@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9192-5241>

Information about the authors

Vadim S. Yusov, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Head of a Laboratory, Omsk Agrarian Scientific Center, 26 Koroleva Ave., Omsk 644012, Russia, vs_ysov@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4159-3872>

Mikhail G. Evdokimov, Dr. Sci. (Agriculture), Chief Researcher, Omsk Agrarian Scientific Center, 26 Koroleva Ave., Omsk 644012, Russia, misha-emg@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9919-2329>

Marina N. Kiriakova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Omsk Agrarian Scientific Center, 26 Koroleva Ave., Omsk 644012, Russia, m_kiriakova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2911-1356>

Denis A. Glushakov, Associate Researcher, Omsk Agrarian Scientific Center, 26 Koroleva Ave., Omsk 644012, Russia, denis189539@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9192-5241>

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 02.03.2021; одобрена после рецензирования 09.02.2022; принята к публикации 28.02.2022.

The article was submitted on 02.03.2021; approved after reviewing on 09.02.2022; accepted for publication on 28.02.2022.