

Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области

В.В. Пискарев¹, Е.В. Зуев², А.Н. Брыкова²

¹ Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

Работа направлена на оценку исходного материала по выраженности хозяйственно ценных признаков (продолжительность вегетации, устойчивость к полеганию и высота растения, масса 1000 зерен, масса зерна колоса и урожайность зерна) у коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой различного эколого-географического происхождения. Оценка представлена в виде 9-балльной системы выраженности признака в годы исследования, что позволяет выделять образцы с наибольшим выражением признака в годы изучения относительно среднего по опыту. Всего за 28 лет было изучено 5439 образцов, из них в течение двух и более лет – 1106. Показано, что у изученных образцов в целом не наблюдалось корреляционной зависимости между урожайностью и продолжительностью вегетационного периода, тогда как между урожайностью и высотой растения выявлена средняя зависимость ($r = 0.6$). Выявлены образцы (Лютесценс 675, Иркутская 49, Симбирка, Hybrid F3 S-141, Hybrid F4, Hybrid F3 S-289, Hybrid F4 S-2300 и Памяти Вавенкова), формирующие среднюю (4.5–5 балла) и выше средней (6–7) урожайность за короткий вегетационный период (69–85 дней). Высоким средним баллом (8.6–9) по массе 1000 зерен характеризовались 16 образцов, у которых этот показатель варьировал от 37.0 г (N43 и IAO-9) до 56.0 г (Hofed 1). Высоким усредненным баллом (8–9) при оценке массы зерна с колоса характеризовались образцы: Памяти Леонтьева, Экада 70, Симбирцит, Don Jose, Yong-Liang 4 и Long-Mai 11, сформировавшие колос со средней массой от 0.96 до 2.30 г. Стабильно высоким баллом (9), выражающим урожайность, отличались образцы Condestavel, PF 843025, Приленская 19, Памяти Леонтьева, Омская Краса. На основании полученных результатов выявлены источники, характеризующиеся высокой выраженностью хозяйственно ценных признаков, что позволяет привлекать новый географически отдаленный исходный материал для селекции сортов, адаптированных к условиям региона.

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая; источник; хозяйственно полезные признаки; корреляция.

Sources for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Novosibirsk region

V.V. Piskarev¹, E.V. Zuev², A.N. Brykova²

¹ Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk oblast, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Saint-Petersburg, Russia

The sources were identified among collection samples characterized by highly pronounced economic and valuable features, which allows new geographically remote source material to be taken to the regional breeding practices. This research aims to assess the agronomic traits (duration of the growing period, lodging resistance and plant height, 1000-grain weight, grain weight and yield) in soft spring wheat varieties of different ecological and geographical origin. Estimation was carried out by a 9-point system of expression of the trait during the study, which allows identifying samples with the greatest expression of the trait in the years of study with respect to the average experience. 5439 samples have been studied over 28 years, with 1106 of them, over two years or more. The study was carried out according to the methods of VIR on plots of 2 m². It was shown that the samples mainly had no correlation between the yield and the duration of the growing period, while the average dependence ($r = 0.6$) was revealed between the yield and the height of the plants. Varieties forming the intermediate (4.5–5 points) and above average (6–7) yield in a short growing period (69–85 days) were identified (Lutescens 675, Irkutskaya 49, Simbirca, Hybrid F3 S-141, Hybrid F4, Hybrid F3 S-289 and Hybrid F4 S-2300 and Pamyati Vavenkova). A high average score (8.6–9) at 1000 grains weight was shown for 16 varieties with variation from 37 g (N43 and IAO-9) to 56 g (Hofed 1). A high average score (8–9) in the evaluation of grain weight was shown for Pamyati Leont'eva, Ekada 70, Simbirtsit, Don Jose, Yong-Liang 4 and Long-Mai 11, which formed ears with an average weight from 0.96 to 2.30 g. A consistently high score (9) reflecting the yield was in the varieties Condestavel, PF 843025, Prilenskaya 19, Pamyati Leont'eva, Omskaya Krasa.

Key words: soft spring wheat; source; agronomical useful characters; correlation.

КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Пискарев В.В., Зуев Е.В., Брыкова А.Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(7):784-794. DOI 10.18699/VJ18.422

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Piskarev V.V., Zuev E.V., Brykova A.N. Sources for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Novosibirsk region. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(7):784-794. DOI 10.18699/VJ18.422 (in Russian)

Received 05.03.2018

Accepted for publication 12.07.2018

© AUTHORS, 2018

e-mail: piskaryov_v@mail.ru

Одним из основных способов создания сортов сельскохозяйственных культур до сих пор остается гибридизация с последующим отбором рекомбинантных генотипов с яркой выраженностью комплекса селекционно-ценных признаков (Апанасенко и др., 2015; Характеристики сортов..., 2016). При создании новых сортов, адаптированных для западносибирского региона, часто использовали образцы с высокой продуктивностью, качеством продукции и устойчивостью к стрессовым факторам из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) (Лихенко и др., 2014). В связи с особенностями природных условий Сибири (Воронина, Гриценко, 2011) селекционерам необходимо учитывать ряд признаков и свойств: скороспелость, устойчивость к засухе в первой половине вегетации, устойчивость к поздним весенним и ранним осенним заморозкам, устойчивость к листовостеблевым инфекциям.

Значительное проявление отдельных признаков или их сочетания можно наблюдать у отдельных образцов коллекции ВИР (Василова и др., 2016; Зуев и др., 2016; Коновалова, Богдан, 2016). При этом прямое использование генофонда затруднено (Friedrich et al., 2014; Singh, Kumar, 2016) из-за, как правило, низкой адаптивности материала и преобладания в потомстве рекомбинантов с низкой урожайностью (Souza, Sorrells, 1991), которые выбраковываются на первых этапах селекционного процесса. Подобная тенденция наблюдается и при географически отдаленной гибридизации (Лепехов, 2016).

Несмотря на то что в сорока крупных генбанках в мире сохраняется более 560 тыс. образцов пшеницы (Bhullar et al., 2009), селекционеры оперируют в основном ограниченным количеством из этого разнообразия (Reif et al., 2005), что приводит к генетической эрозии коммерческих сортов пшеницы. Для более широкого использования сохраняемого в коллекциях генофонда необходимо не только генотипирование образцов (Friedrich et al., 2014; Addison et al., 2016), но и фенотипирование в тех условиях, для которых будет создаваться сорт, и выявление наиболее адаптированного к ним исходного материала, характеризующегося, кроме того, высокой выраженностью хозяйственно ценных признаков (Tadesse et al., 2016).

Выявление новых генетических факторов, определяющих высокую выраженность хозяйственно ценных признаков, в выделенных образцах коллекции будет способствовать созданию сортов с требуемыми параметрами (Randhawa et al., 2013; Wessels, Botes, 2014). Уверенно прогнозировать селекционную ценность коллекционных образцов можно, только когда известен их потенциал (Давыдова, Казаченко, 2013). Поэтому расширенное и углубленное изучение коллекции, направленное на выявление новых источников и доноров селекционно-ценных признаков пшеницы, представляет собой важную и актуальную задачу.

Целью работы было изучение образцов пшеницы мягкой яровой, поступавших в различные годы из коллекции ВИР, и выявление источников агрономически ценных признаков для использования в селекционных программах в условиях лесостепи Западной Сибири.

Материал и методы

Исследования проводили в течение 28 лет (1972–1973, 1976–1980, 1994–2011, 2013–2014, 2016) в лесостепи Приобья на опытных полях СибНИИРС. Всего было изучено 5439 образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР из 78 стран мира, в том числе: сорта и линии из России – 1814, Китая – 487, Казахстана – 316, Чили – 222, Мексики – 213, Германии – 204, Австралии – 177, США – 171, Аргентины – 160 и др. Наиболее полно изучены признаки: продолжительность вегетационного периода и его межфазных периодов, высота растения и устойчивость к полеганию, засухоустойчивость, продуктивная кустистость, масса 1000 зерен, масса зерна с главного колоса, урожайность. В табл. 1 приведено число образцов, которые были охарактеризованы по основным хозяйственным важным признакам. Можно отметить, что лишь около 54 % образцов характеризовались достаточной жизнеспособностью для дальнейшего изучения в условиях Западной Сибири и формировали необходимое количество семян в первый год.

Для сравнения погодных условий в годы исследования нами был рассчитан гидротермический коэффициент с мая по август ($ГТК = \text{сумма осадков} / 0.1 \times \text{сумма эффективных температур} > 10^\circ\text{C}$). Среднегодовое значение ГТК равно 1.20. Типичные для зоны условия увлажнения ($ГТК = 1.20 \pm 0.10$) складывались в 1979, 2004, 2005, 2010, 2011 и 2014 гг. Недостаточное увлажнение ($ГТК$ от 1.04 до 0.40) наблюдалось в 1994, 1997, 1999, 2003 и 2008 гг. Остальные годы характеризовались избыточным увлажнением ($ГТК = 1.40\text{--}3.17$).

В полевых опытах использовали общепринятую для зоны агротехнику. Семена образцов высевали в оптимальные сроки на делянках площадью 2 м². Предшественник – чистый пар. С 1972 по 2003 г. стандартом был среднеспелый сорт Новосибирская 67. В другие годы, по мере включения в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, стандартами были сорта Новосибирская 15 (ранний сорт, 2003–2016 гг.), Новосибирская 29 (среднеранний сорт, 2003–2010), Новосибирская 31 (среднеранний, 2011–2016), Обская 2 (среднеспелый, 2014–2016), Сибирская 12 (среднепоздний, 2006–2014). Стандарты размещали через каждые 20 экспериментальных образцов. Работу выполняли с учетом методических указаний ВИР (Руденко и др., 1977; Мережко и др., 1999). После уборки проводили анализ структуры урожайности. Линейную корреляцию признаков и наименьшую существенную разницу (НСР) при 5 % уровне значимости рассчитывали по методикам, изложенным в (Доспехов, 1985), с использованием программы Excel.

При создании и анализе оценочной базы данных наряду с главной задачей – получением полной характеристики изученного материала в отдельные годы, проводилось сравнение образцов по селекционно-ценным признакам как в пределах одного года изучения, так и в разные годы, с целью выявления лучших образцов. Для удобства сравнения образцов в различные годы использовали 9-балльную систему выражения количественных признаков (9 – самое

Table 1. Numbers of spring common wheat accessions characterized according to traits of breeding values in Novosibirsk oblast

Trait	Accessions studied			
	In total	For 1 year	For 2 years	For 3 or more years
Sprouting–earing time	5439	2965	1106	1367
Earing–wax maturity time	5439	2965	1106	1367
Sprouting–wax maturity time	5439	2964	1102	1373
Plant height	4611	2322	1038	1251
Lodging resistance	5150	2839	1196	1115
Resistance to powdery mildew	961	840	121	–
Resistance to leaf rust	900	787	113	–
Drought tolerance	3252	2125	896	231
Productive tillering	2908	1706	426	776
The length of spike	407	354	52	–
Spikelet number per spike	408	354	54	–
Grain number per spike	499	446	53	–
Grain weight per spike	3190	1645	402	1143
1000-grain weight	3 743	2037	507	1449
Yield	5135	2716	1068	1351

высокое, 7 – высокое, 5 – среднее, 3 – низкое, 1 – самое низкое значение признака), которая применяется в отделе генетических ресурсов пшеницы ВИР начиная с 1980 г. (Зуев и др., 1999). Принцип расчетов был следующим: для каждого количественного признака в пределах одного года изучения определяют максимальные и минимальные значения, разницу делят на пять, находят интервал балла, который соответствует НСР при $p < 0.05$ в отдельные годы изучения образцов; на его основании программа автоматически вводит соответствующий балл для каждого количественного признака. Для установления лучших образцов по отдельным селекционно-ценным признакам использовали средний балл, рассчитанный как среднее арифметическое за конкретные годы изучения. Для выделения источников использовали только двухлетние, трехлетние и более данные.

Результаты

Период «всходы–колошение» изменялся от 28.5 дня у образцов NP 710 (к-43884, Индия) и к-42171 (Китай) до 63 дней у линии 43-694 (к-64125, Казахстан). По мнению Н.П. Гончарова и П.Л. Гончарова (2009), оптимальная продолжительность периода для лесостепи Приобья составляет 40–45 дней, что соответствует группе среднепоздних сортов (Сибирская 12 – 41.6 дня). При этом образцы с ранним выколашиванием в сочетании со схожей со стандартами урожайностью являются ценным исходным материалом для таежной и подтаежной зон региона. В целом наиболее короткий период «всходы–колошение» наблюдали у образцов в 2003 г. (среднее значение по изученным образцам – 32 дня, с пределами варьирования 23 и 40 дней) при недостаточном увлажнении (62 и 49 % от среднемноголетнего) в сочетании с высокими температурами в мае–июне (+2.8 и +3.3 ° к среднемноголетнему

значению). Самый продолжительный период отмечен в 2007 г. (среднее – 46, варьирование – 35–58 дней) при избыточном увлажнении (170 и 111 %) на фоне повышенной температуры в мае (+1 °) и недостатка тепла в июне (–1.8 °) в сравнении со среднемноголетними значениями (осадки в мае – 37.0 мм, июне – 55 мм; средняя температура за месяц в мае – 10.9 °С, июне – 16.9 °С).

Высоким средним баллом (8.5–9) за годы исследования характеризовались 15 образцов (рис. 1): Тулун 15 (к-64599, РФ, Иркутская обл.); Pusa 4 (к-30553, Индия); к-46317 (Армения); Ingal (к-62513, США); Castillian (к-44482, Австралия); к-47974, Hybrid F6 S-6594 (к-47178), Hybrid F6 S-6613 (к-47186) и Hybrid F5 S-4436 (к-47165) из Мексики и к-42130, к-42171, к-42183, к-42186, к-42225 и Jin-Chun 5 (к-62540) из Китая.

Короткий период «всходы–колошение» был отмечен для образцов яровой мягкой пшеницы из Китая, Чили, Мексики, США, Перу, Казахстана и Ленинградской области РФ. Самый длинный межфазный период наблюдали для сортов и линий из Китая, Бразилии, Италии и Греции.

Стандартные сорта имели следующие значения периода «всходы–колошение»: Новосибирская 67 – 39.4 дня, Новосибирская 15 – 34.8, Новосибирская 29 – 38.3, Новосибирская 31 – 39.2, Обская 2 – 39.3, Сибирская 12 – 41.6 дня.

Период «колошение–созревание» изменялся от 17 дней у линии 43-694 (к-64125, Казахстан) до 58 дней у образца к-42180 (Китай). Оптимальная продолжительность периода для лесостепи Приобья 35–43 дня (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2009), что соответствует всем группам сортов – от ранних (стандарт Новосибирская 15) до среднепоздних (стандарт Сибирская 12). В целом наиболее короткий период «колошение–созревание» наблюдали у образцов в 1999 г. (среднее значение по изучен-

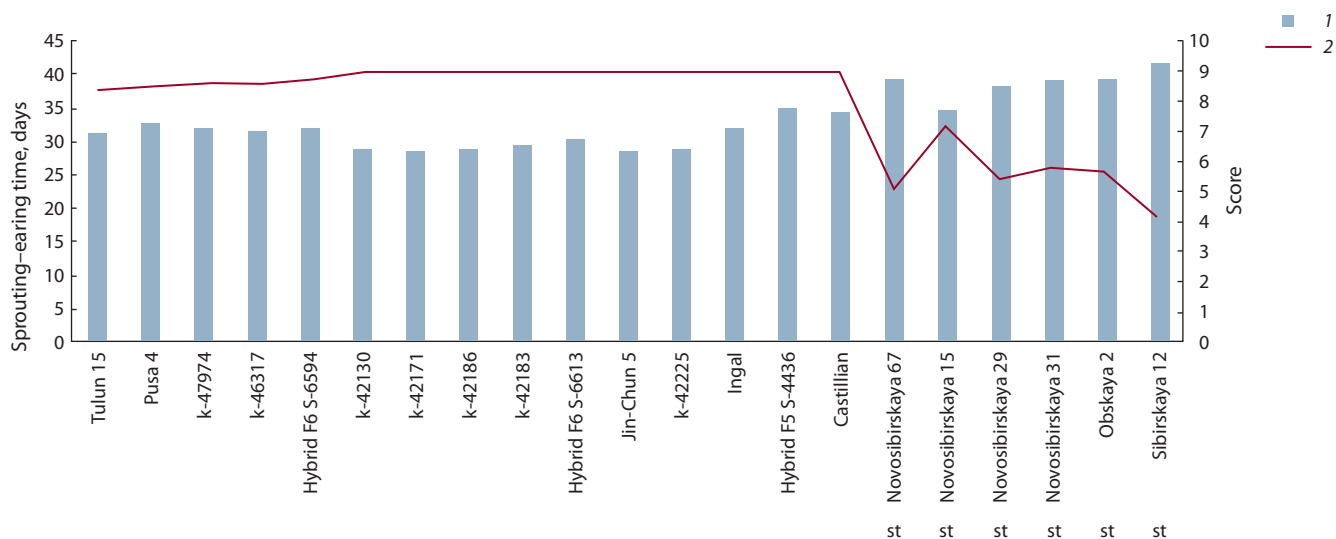


Fig. 1. Common spring wheat accessions showing short sprouting–earing times in the forest-steppe Ob region: 1, days; 2, score.



Fig. 2 Common spring wheat accessions showing short earing–wax ripening times in the forest-steppe Ob region. Designations follow Fig. 1.

ным образцам – 32 дня, с пределами варьирования 22 и 41 день), когда была сильная засуха в период вегетации (ГТК = 0.4 при среднемноголетнем значении коэффициента 1.20). Самый продолжительный период отмечен в 1972 г. (среднее – 59, варьирование 45–78 дней) при избыточном увлажнении в мае–июле (143, 135 и 124 % по отношению к среднемноголетним значениям 37, 55 и 61 мм) и недостатке тепла в течение всего вегетационного периода (в среднем –2.1° за период с мая по август).

Высоким средним баллом (9) характеризовались шесть образцов: к-20571 (Испания), к-24818 (РФ, Иркутская обл.), к-29970 (РФ, Вологодская обл.), к-42002 (Китай), Red Fern Ottawa (к-45395, Канада). Фактические значения у выделенных образцов варьировали от 17 до 40 дней (рис. 2).

Короткий период «колошение–созревание» имели образцы из Китая, Казахстана, Ленинградской области РФ,

США и Швеции. Длинный период был у сортов и линий из Китая, Греции, Мексики и Италии.

Стандартные сорта имели следующие значения периода «колошение–созревание»: Новосибирская 67 – 37.8 дня, Новосибирская 15 – 35.7, Новосибирская 29 – 35.2, Новосибирская 31 – 37.4, Обская 2 – 34.7, Сибирская 12 – 40.7 дня.

Период «всходы–созревание» изменялся от 64 дней у Сенбал 1 (к-63730, Южная Корея) до 107 дней у образца Encruzilhada (к-47242, Бразилия). Оптимальная продолжительность периода для лесостепи Приобья 75–88 дней (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2009), что соответствует группам спелости от среднеранних (стандарт Новосибирская 31) до среднепоздних (стандарт Сибирская 12). Для условий подтаежной зоны оптимальная продолжительность периода 70–75 дней, для степной зоны – 90–100.

Table 2. Soft spring wheat accessions combining short sprouting–wax ripening time and above-average yield in the forest-steppe Ob region

VIR accession no.	Name	Origin	Sprouting–wax ripening		Yield	
			days	grade	g/m ²	grade
53331	Lutescens675	RF, Samara.	69.0	9.0	256.5	4.5
41087	Irkutskaya 49	RF, Irkutsk	74.5	9.0	264.5	4.5
56928	Simbirka	RF, Ul'yanovsk	68.8	9.0	249.0	4.5
47141	Hybrid F3 S-141	Mexico	85.0	9.0	264.5	5.0
47295	Hybrid F4 (26560)	»	74.0	9.0	256.0	5.0
47152	Hybrid F3 S-289	»	81.5	9.0	290.5	5.0
47162	Hybrid F4 S-2300	»	80.0	9.0	324.5	6.0
65132	Pamyati Vavenkova	RF, Novosibirsk.	71.3	9.0	366.7	7.0
st	Novosibirskaya 67	»	76.8	5.8	257.3	4.4
st	Novosibirskaya 15	»	70.5	7.9	263.8	4.8
st	Novosibirskaya 29	»	73.5	7.0	268.2	4.6
st	Novosibirskaya31	»	76.6	6.2	465.0	7.4
st	Obskaya 2	»	74.0	5.0	380.0	7.0
st	Sibirskaya 12	»	82.3	4.0	280.9	5.2
Mean*			79.4		194.3	

* Hereafter, the mean value is calculated for all samples studied throughout all years of the study.

В целом наиболее короткий вегетационный период наблюдали у образцов в 2008 г. (среднее значение по изученным образцам – 69 дней, с пределами варьирования от 60 до 81 дня). Самый продолжительный период отмечен в 1972 г. (среднее – 102, варьирование 87–138 дней).

Высокий средний балл (8.5–9) по продолжительности вегетационного периода имели образцы из России: к-33177 (Ленинградская обл.), Бурятская (к-48772, Бурятия), Ангара 86 (к-58465), Линия 2 (к-64882), Иркутская 49 (к-41087) из Иркутской области, Камчадалка (к-38586, Красноярский край), Местная 97 (к-40759, Сахалинская обл.), Зорян (к-60977, Краснодарский край), Саратовская 33 (к-43284, Саратовская обл.), Лютесценс 675 (к-53331, Самарская обл.), Симбирка (к-56928, Ульяновская обл.), Памяти Вавенкова (к-65132, Новосибирская обл.), а также линии к-47187, к-47150, к-47198, к-47217, к-47221, ВИР-25-2 (к-60236) из Мексики, ST-174 (к-61055, Чехия), Jin-Chun 5 (к-62540, Китай), Festival (к-44498, Австралия). Всего выделено 49 образцов с фактическими значениями продолжительности периода от 64 до 85 дней, при этом рекомендовать для включения в гибридизацию с целью создания скороспелых сортов можно лишь 8 образцов, урожайность которых была выше средней (табл. 2).

Большинство образцов из Казахстана, Чили, Мексики, Тувы (РФ) имели короткий вегетационный период в условиях Новосибирской области. Поздними были сорта и линии из Бразилии. Среди китайских пшениц имелось достаточное количество как скороспелых, так и позднеспелых образцов.

Наблюдалась положительная средняя корреляция ($r = 0.6$, варьирование по годам 0.5–0.8) между вегетационным периодом и периодом «всходы–колошение» и

сильная положительная корреляция ($r = 0.7$, варьирование по годам 0.6–0.9) между вегетационным периодом и периодом «колошение–созревание».

Высота растения изменялась от 25 см у образцов к-48171 (Индия) и Psathias (к-55119, Кипр) в 1976 г. до 131 см у линии N 744 (к-47231, Бразилия) в 1972 г. В целом наиболее короткий стебель формировали образцы, изученные в 1994 г. (среднее значение 46 см, с пределами варьирования от 20 до 65 см), самый длинный стебель отмечен в 2002 г. (среднее – 98, варьирование 60–125 см). Оптимальная для лесостепи Приобья высота растения пшеницы 80–90 см (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2009). Значительное полегание (средний балл за год по всем образцам – 3) отмечено в 1979 и 2009 гг., при этом даже в эти годы выявлены образцы, устойчивые к полеганию (9 баллов). Следует отметить, что 1979 г. характеризовался оптимальным для региона ГТК (1.30), а 2009 г. – лишь небольшим переувлажнением (ГТК = 1.56). Полегание в 2009 г. было вызвано шквалистым ветром и ливнем в третьей декаде июля (203 % осадков в сравнении со среднемноголетним значением 26 мм), тогда как в 1979 г. – схожими условиями в третьей декаде августа.

Среднерослыми (70–80 см) и устойчивыми к полеганию (9 баллов) были образцы: Аму (к-50845, Швеция), Ангара 86 (к-58465, РФ, Иркутская обл.), Ботаническая 4 (к-59388, РФ, Московская обл.), Эритроспермум 14 (к-60461, РФ, Самарская обл.), Приморская 1441 (к-60538, РФ, Приморский край), Иволга (к-60975, РФ, Московская обл.), Ета (к-61520, Польша), Казахстанская 16 (к-62203, Казахстан), Дархан 5 (к-62230, Монголия), Дархан 11 (к-62232, Монголия), Лютесценс 937 (к-62253, РФ, Бурятия), Тулайковская Белозерная (к-62641, РФ, Самарская

обл.), Прохоровка (к-62644, РФ, Саратовская обл.), Воронежская 10 (к-64101, РФ, Воронежская обл.), Тулунская 12 (к-64361, РФ, Иркутская обл.), Attis (к-64873, Германия), Nandu (к-64888, Германия). Всего выявлено 116 образцов, характеризующихся средней высотой и устойчивостью к полеганию, при этом в качестве источников можно рекомендовать лишь 16 образцов, формирующих урожайность выше средней по балльной оценке, в среднем за годы исследования (Приложение 1)¹.

Масса 1000 зерен изменялась от 17.0 г у образца к-24818 (РФ, Иркутская обл.) до 56 г у образца Hofed 1 (к-44566, Австралия). В целом наиболее крупное зерно формировали образцы, изученные в 1972 г. (среднее значение по изученным образцам – 42 г, с пределами варьирования от 25 до 56 г) и 2003 г. (42 г, варьирование 30–51 г). Самое мелкое зерно образцы формировали в 1996 г. (среднее – 26 г, варьирование 13–41 г).

Высоким средним баллом (9) по массе 1000 зерен характеризовались 16 образцов, представленных в Приложении 2: Dowerin (к-44489, Австралия), Грекум 114 (к-45858, РФ, Московская обл.), Nepal 297 (к-62539, Индия), Харьковская 18 (к-62894, Украина), Ульяновская 100 (к-65250, РФ, Ульяновская обл.), Омская Краса (к-65599, РФ, Омская обл.), Hofed 1 (к-44566, Австралия) и др. Следует отметить, что не все образцы формировали урожайность выше средней в годы изучения. Среднюю и выше средней урожайность (5–9 баллов) имели лишь 7 образцов из 16. Лучший образец по совокупности показателей – сорт Омская Краса, формирующий высокую урожайность (500 г/м²) в сочетании с высокой массой 1000 зерен (44.5 г).

По крупности зерна стандарты распределились следующим образом: Новосибирская 67 – 34.3 г (средней крупности), Новосибирская 15 – 34.0 г (средней крупности), Новосибирская 29 – 36.2 г (средней крупности), Новосибирская 31 – 37.0 г (средней крупности), Обская 2 – 42.0 г (крупное), Сибирская 12 – 35.5 г (средней крупности).

Масса зерна колоса варьировала от 0.13 г у образцов к-42046, ВЗ(а) (к-28827) из Китая и Cartilla (к-20637, Испания) до 2.30 г у сорта Экада 70 (к-64547, РФ, Ульяновская обл.). Оптимальная для лесостепи Приобья масса зерна колоса 0.8–1.0 г (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2009). В целом наибольшую массу зерна колоса формировали образцы, изученные в 2002 г. (среднее значение 1.89 г, с пределами варьирования от 1.00 до 3.00 г). Самой низкой массой зерна колоса образцы характеризовались в 1977 г. (среднее – 0.25 г, варьирование – 0.03–1.76 г). В оба года наблюдался небольшой избыток увлажнения, но распределение осадков значительно различалось. Так, в 2002 г. значительная часть осадков выпала во второй декаде июня (82 мм, среднемноголетнее значение – всего 16 мм), тогда как в 1977 г. – в августе (67 мм, 214 % от нормы), при этом в 1977 г. во второй декаде июня, в момент закладки основных элементов структуры колоса (первая-вторая декады июня), осадков было лишь 4 мм.

Высоким средним за годы изучения баллом (8–9) при оценке массы зерна с колоса характеризовались образцы:

Памяти Леонтьева (к-65245, РФ, Омская обл.), Экада 70 (к-64547) и Симбирцит (к-64548) из Ульяновской области РФ, Don Jose (к-51195, Аргентина), Yong-Liang 4 (к-62456) и Long-Mai 11 (к-62542) из Китая (Приложение 3). Среди них представляют ценность для селекции образцы, характеризующиеся урожайностью не ниже среднего: Памяти Леонтьева (525.0 г/м²), Симбирцит (358.3) и Экада 70 (408.3 г/м²).

Стандарты имели следующие показатели массы зерна с колоса: Новосибирская 67 – 0.97 г, Новосибирская 15 – 1.08, Новосибирская 29 – 1.23, Новосибирская 31 – 1.54, Обская 2 – 1.67, Сибирская 12 – 1.25 г.

Урожайность варьировала от 22.0 г/м² у образца к-23002 (Югославия, до 1990 г.) до 525 г/м² у сорта Памяти Леонтьева (к-65245, РФ, Омская обл.). Потенциальная урожайность для лесостепи Приобья составляет 5–6 т/га, что соответствует 500–600 г/м² (Гончаров Н.П., Гончаров П.Л., 2009). В целом наибольшая урожайность формировалась у образцов, изученных в 2000 г. (среднее значение по изученным образцам 407 г/м², с пределами варьирования от 250 до 575 г/м²). Самая низкая урожайность формировалась у образцов в 1994 г. (среднее – 51 г/м², варьирование – 40–137 г/м²). Высокую среднюю урожайность образцов в 2000 г. можно объяснить оптимальными условиями года и своевременными осадками (ГТК = 1.93), тогда как в 1994 г., несмотря на то что год был не самый засушливый (ГТК = 0.82), в самые важные фазы развития пшеницы (кущение и выход в трубку–колошение) растения испытывали стресс от недостатка влаги (в мае осадков было на 21 % меньше нормы, в июне – на 46 %, причем основные осадки выпали во второй-третьей декаде мая и третьей декаде июня) и высоких температур (средняя температура мая была на 2.4 °, июня – на 4.5 °С выше среднемноголетней). Схожие результаты по зависимости урожайности от влаго- и теплообеспеченности в мае и июне были получены на селекционных линиях и сортах, созданных в СибНИИРС, которые изучались нами в течение пяти лет (2003–2008) (Пискарев и др., 2010).

Из изученных в различные годы образцов стабильно высоким баллом (9), выражающим урожайность, характеризовались: Condestavel (к-45112, Португалия), PF 843025 (к-63093, Бразилия) и образцы из России – Приленская 19 (к-63470, Якутия), Памяти Леонтьева (к-65245, Омская обл.), Омская Краса (к-65599, Омская обл.) (табл. 3).

Высокий балл (7.8–8.3) в среднем за годы изучения отмечен у девяти образцов: Омская 37 (к-64985), Экада 6 (к-64543), Мария 1 (к-65130), Симбирцит (к-64548), Баганская 95 (к-64864), Серебристая (к-64994), Экада 70 (к-64547) из России; к-44155 (Индия) и Торчинська (к-65151, Украина).

Пятьдесят четыре образца, выделенных по отдельным селекционно-ценным признакам за многолетний период изучения, переданы для селекционной работы в СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН. В 2015–2017 гг. в отделе генетических ресурсов пшеницы ВИР создана база оценочных данных «Результаты полевого изучения образцов яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области».

В результате проведенного корреляционного анализа, представленного в табл. 4, нами выявлены средняя за-

¹ Приложения 1–4 см. по адресу: <http://www.bionet.nsc.ru/vogis/download/pict-2018-22/appx12.pdf>

Table 3. Soft spring wheat accessions with high yields in the forest–steppe Ob region

VIR accession no.	Name	Origin	Sprouting–wax ripening, days	Yield	
				g/m ²	Grade
64985	Omskaya 37	RF, Omsk	81.5	407.5	7.5
64543	Ekada 6	RF, Ul'yanovsk	79.3	345.0	7.7
65130	Mariya 1	RF, Kemerovo	84.3	433.3	7.7
64548	Simbirtsit	RF, Ul'yanovsk	74.0	358.3	7.7
64864	Baganskaya 95	RF, Novosibirsk	91.5	470.8	8.0
44155	–	India	77.2	407.5	8.0
64994	Serebristaya	RF, Omsk	84.8	481.3	8.0
65151	Torchin'ska	Ukraine	81.0	463.3	8.3
64547	Ekada 70	RF, Ul'yanovsk	80.0	408.3	8.3
45112	Condestavel	Portugal	74.0	510.0	9.0
63093	PF 843025	Brazil	76.0	503.5	9.0
63470	Prilenskaya 19	RF, Yakutiya	86.5	425.0	9.0
65599	Omskaya Krasa	RF, Omsk	89.0	500.0	9.0
65245	Pamyati Leont'eva	»	89.5	525.0	9.0
st	Novosibirskaya 67	RF, Novosibirsk	76.8	257.3	4.4
st	Novosibirskaya 15	»	70.5	263.8	4.8
st	Novosibirskaya 29	»	73.5	268.2	4.6
st	Novosibirskaya 31	»	76.6	465.0	7.4
st	Obskaya 2	»	74.0	380.0	7.0
st	Sibirskaya 12	»	82.3	280.9	5.2
Mean			79.4	194.3	

Table 4. Analysis of yield dependence on the manifestation of economically significant quantitative traits in the soft spring wheat accessions studied

Characters correlating with productivity	<i>r</i>	<i>t</i> _{fact}
Sprouting–earing time	0.02	3.82*
Earing–wax maturity time	–0.10	15.75**
Sprouting–wax maturity time	–0.06	8.81**
Plant height	0.60	115.31**
1000-grain weight	0.48	125.31**
Grain weight per spike	0.70	171.34**

Note. *t*_{fact} Student's *t* test; * significant at $p < 0.01$; ** significant at $p < 0.001$.

висимость урожайности от высоты растения ($r = 0.60$) и массы 1 000 зерен ($r = 0.48$) изученных образцов и сильная зависимость урожайности от массы зерна колоса ($r = 0.70$). Продолжительность межфазных периодов и периода от всходов до колошения у изученных образцов не коррелирует с урожайностью в целом.

Кроме рассмотренных выше признаков, важными характеристиками исходного материала при планировании привлечения источников в скрещивания являются устойчивость к болезням и засухоустойчивость в регионе. Ввиду не частой повторяемости засушливых лет, полноценной оценки все образцы не получили, поэтому нами охарактеризованы лишь источники, выделенные по другим признакам (Приложение 4). Так, среди образцов с высокой массой 1 000 зерен можно выделить два с высокой засухоустойчивостью (7 баллов) – Sappogo Haru Komugi 9 и IAO-9, и сорт Омская 20, который характеризуется высокой устойчивостью к полеганию и средней длиной соломины.

Среди выделенных источников, ценных для селекции, можно отметить 19 образцов, устойчивых к мучнистой росе (7–99 баллов) и 16 устойчивых к бурой ржавчине пшеницы (см. Приложение 4). Особого внимания заслуживают сорта Экада 70, Экада 6, Омская 37, Серебристая и образец PF 843025, которые, помимо устойчивости к одному или двум патогенам, отличались высокой урожайностью.

Обсуждение

Важной биологической характеристикой, которая определяет ценность сорта пшеницы и его пригодность к возделыванию в той или иной климатической зоне, являются продолжительность и структура вегетационного

периода растений. Для лесостепи Западной Сибири, в связи с особенностями климата, необходимо создавать сорта с укороченным периодом от всходов до созревания, но при этом формирующие приемлемый урожай. По результатам многолетней работы были выявлены образцы, сочетающие эти признаки в условиях лесостепи Приобья. Следует отметить, что лучшим образцом, у которого раннее созревание (71.3 дня, почти на уровне раннего сорта Новосибирская 15) сочетается с высокой урожайностью (7 баллов из 9), по результатам многолетних исследований, оказался допущенный к использованию в Западной Сибири сорт Памяти Вавенкова. Наблюдаемая нами закономерность, что проще использовать в селекции районированные в регионе сорта ввиду их лучшей приспособленности, согласуется с работами других авторов (Давыдова, Казаченко, 2013). Это находит свое отражение в родословных сортах, допущенных к использованию на территории Российской Федерации. Как правило, одна из родительских форм оказывается либо распространенным в регионе сортом, либо созданной в данном регионе линией (Государственный реестр..., 2018). Сорт Памяти Вавенкова является одной из родительских форм раннего сорта Новосибирская 16, который проходит государственное сортоиспытание с 2016 г.

Ранее в других работах была показана зависимость урожайности сортов зерновых культур от продолжительности вегетационного периода (Ведров, Халипский, 2009; Мных и др., 2014; Мальчиков, Мясникова, 2015). Это не согласуется с полученными нами результатами. Анализ урожайности изучаемых образцов и продолжительности вегетационного периода и его отдельных составляющих показал отсутствие такой зависимости ($r = -0.1 \dots 0.0$; $p > 0.001$). Данный факт позволяет выявлять доноров высокой урожайности, характеризующихся различными сроками созревания. Так, вегетационный период выделенных в нашей работе источников высокой урожайности варьирует от 74 дней у сорта Симбирцит до 91.5 дня у сорта Баганская 95.

Высота растений – важный показатель архитектоники растений и уборочного индекса зерна и урожая (Massaferrì et al., 2008; Sadeque, Turner, 2010). Она контролируется многими генами, из которых наиболее важные – гены *Rht* (reduced height) (Лобачев, 2000). Они наиболее эффективны в условиях достаточного увлажнения/орошения, внесения удобрений и защиты растений от сорняков и паразитов. При чрезмерном укорачивании соломины ухудшаются условия функционирования фотосинтетического аппарата (Образцов, 1981). Для гена *Rht-D1b* при изучении изогенных линий АНК-12 был показан плейотропный эффект снижения массы 1000 зерен (Лихенко, Шаманин, 2003; Изогенная линия АНК-12, 2018). Необходимость использования в селекционных программах для условий Западной Сибири среднерослых и высокорослых сортов продиктована тем фактом, что урожайность часто связана с высотой растения, особенно в условиях недостаточного увлажнения (Тимошенко, Самуилов, 2011; Цыбенков, Билтуев, 2016). В результате корреляционного анализа данных у 2470 изученных образцов нами выявлена достоверная средняя положительная зависимость высоты и урожайности ($r = 0.6$, $p > 0.001$). Поэтому необходимо

использовать в селекции генетические источники высокой урожайности, устойчивые к полеганию и характеризующиеся средней высотой или высокорослые. Такими источниками могут служить рекомендованные в нашей работе сорта, сочетающие относительно высокую урожайность и устойчивость к полеганию со средней высотой 70–80 см.

Крупность зерна в условиях Западной Сибири, в связи с особенностями распределения осадков в период вегетации, играет существенную роль в повышении продуктивности колоса. Основными характеристиками крупности зерна служат размер и масса зерновки; косвенным показателем, учитывающим оба признака, является масса 1000 зерен. Косвенным подтверждением необходимости создания крупносеменных сортов яровой мягкой пшеницы в регионе может быть средняя положительная корреляция урожайности и массы 1000 зерен ($r = 0.5$; достоверна при $p < 0.001$), рассчитанная по результатам многолетнего изучения образцов.

В.Г. Захаров и О.Д. Яковлева (2016) выявили существенное превышение показателя массы 1000 зерен у сортов второго периода сортосмены в регионе над значением сорта первого периода сортосмены. Регрессионный анализ показал, что с прохождением очередной сортосмены в результате селекции величина признака увеличивалась на 0.9 г. Нами выявлено заметное увеличение массы 1000 зерен изучаемых образцов в последние годы (корреляция между годами исследования и средней массой 1000 зерен $r = 0.6$; $p > 0.001$).

Масса зерна колоса – один из наиболее важных элементов структуры урожая пшеницы на ранних этапах селекционного процесса, так как селекционеры осуществляют индивидуальный отбор нового селекционного материала по колосу. Проведенный корреляционный анализ позволил выявить значительную зависимость урожайности от массы зерна колоса ($r = 0.7$; $p > 0.001$), что согласуется с результатами других авторов (Коробейникова, Красильников, 2015; Волкова, 2016; Коновалова, Богдан, 2016). Кроме того, три из шести источников с высокой массой зерна колоса выделяются по урожайности.

Урожайность яровой мягкой пшеницы складывается из трех основных компонентов: числа продуктивных колосьев на единицу площади, числа зерен в колосе и массы зерна колоса. Число колосьев значительно зависит от норм высева (Прохоренко и др., 2007) и слабо – от коэффициента продуктивной кустистости генотипа (Цильке, 1974) с авторегулирующими способностями сорта яровой пшеницы в стеблестое (Лубнин, 2006). Поэтому выявить доноров высокой урожайности сложно из-за наложения сильного модифицирующего влияния среды. Тем не менее в результате многолетнего исследования нами получен ряд сортов, сочетающих высокую урожайность с высокой выраженностью других ценных признаков, что позволяет рекомендовать их как исходный материал для селекции в условиях Западной Сибири. По результатам корреляционного анализа данных нами выявлена тенденция увеличения урожайности изучаемых образцов за последние годы (корреляция между годами и урожайностью $r = 0.3$, но недостоверная).

При рассмотрении родословных 141 районированного (по состоянию на 1 февраля 2018 г.) по 9–11 регионам

сорта можно заметить, что из выделенных в результате исследования источников скороспелости при создании сортов были использованы лишь сорта Тулун 15 (в родословной среднераннего сорта Тулунская 11), характеризующийся коротким периодом от всходов до колошения, но при этом не выделившийся по урожайности (4.1 балла), и Симбирка (в родословной среднеспелого сорта Ульяновская 105), которая также формирует среднюю урожайность (4.5 балла из 9). Из выявленных источников высокой массы 1000 зерен лишь сорт Грекум 114 является одним из родителей районированного по Восточной Сибири с 2012 г. сорта Бурятская 551. Для сорта Бурятская 551 характерна высокая масса 1000 зерен относительно районированных в Сибирском регионе сортов (по данным Госсортокомиссии РФ масса 1000 зерен до 44 г). Самым успешным из используемых в селекции сортов среди выделенных в результате исследования источников можно назвать сорт Омская 20, который является одним из родителей сразу четырех сортов, включенных в Госреестр РФ по Уралу и Сибири: Алтайская 105, Омская 38, Башкирская 28 и Салават Юлаев.

Таким образом, изучение коллекции пшеницы мягкой яровой, проведенное с 1972 по 2016 г., позволяет выделить образцы, характеризующиеся высокой выраженностью селекционно-ценных признаков, таких как короткий период «всходы–колошение», «колошение–восковая спелость» и «всходы–созревание», высокая масса 1000 зерен, масса зерна колоса, урожайность и устойчивость к полеганию.

Acknowledgments

Experiments were conducted by researchers A.N. Lubnin, V.F. Dorofeev, N.V. Vavenkov, A.F. Zyryanova, V.I. Zhukov, A.Ya. Sotnik, and P.I. Stepochkin. The evaluation of the results was supported by the Institute of Cytology and Genetics, State Budgeted Project 0324-2018-0018; and by VIR, State Budgeted Project 0662-2018-0018.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

Апанасенко В.В., Егорова И.Н., Бардунов А.О. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур в Новосибирской области на 2015 год. Филиал ФГБУ «Госсорткомиссия» по Новосибирской области. Новосибирск: Ареал, 2015. [Apanasenko V.V., Egorova I.N., Bardunov A.O. Varietal Zoning of Crops in the Novosibirsk Region in 2015. State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection, Novosibirsk branch. Novosibirsk: Areal Publ., 2015. (in Russian)]

Василова Н.З., Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Насихова Г.Р. Полевая устойчивость образцов яровой мягкой пшеницы к *Erysiphe (Blumeria) graminis* в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан. Зерновое хоз-во России. 2016;6:59-62. [Vasilova N.Z., Askhadullin D.F., Askhadullin D.F., Bagavieva E.Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I., Nasikhova G.R. Field resistance of spring soft wheat samples to *Erysiphe (Blumeria) graminis* in the conditions of the near-Kama area, Tatarstan. Zernovoe Khozjaistvo Rossii = Grain Economy of Russia. 2016;6:59-62. (in Russian)]

Ведров Н.Г., Халипский А.Н. Сравнительная оценка сортов яровой пшеницы Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской селекции.

Вестн. КрасГАУ. 2009;7:95-102. [Vedrov N.G., Halipskiy A.N. Comparative assessment of spring wheat varieties bred in West and East Siberia. Vestnik KrasGAU = Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2009;7:95-102. (in Russian)]

Волкова Л.В. Урожайность яровой мягкой пшеницы и ее связь с элементами продуктивности в разные по метеорологическим условиям годы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016;6(55):9-15. [Volkova L.V. Yield of spring wheat and its relationship to performance elements under different weather conditions. Agrarnaya Nauka Evro-Severo-Vostoka = Agrarian Science of Northeastern European Russia. 2016;6(55):9-15. (in Russian)]

Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. Новосибирск: СГГА, 2011. [Voronina L.V., Gritsenko A.G. The Climate and Ecology of the Novosibirsk Region. Novosibirsk: SGGA Publ., 2011. (in Russian)]

Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2009. [Goncharov N.P., Goncharov P.L. Methodological Principles of Plant Breeding. Novosibirsk: Geo Publ., 2009. (in Russian)]

Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации. URL: <http://reestr.gossort.com/reg/main/290> (Дата обращения 01.02.2018). [National Register of Breeding Achievements Admitted for Use in the Russian Federation. URL: <http://reestr.gossort.com/reg/main/290> (Accessed 01.02.2018)]

Давыдова Н.В., Казаченко А.О. Особенности подбора исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья. Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. 2013;5:5-9. [Davydova N.V., Kazachenko A.O. Features of the selection of initial material for spring soft wheat breeding in the conditions of the Central non-Chernozem region. Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of the Altai State Agricultural University. 2013;5:5-9. (in Russian)]

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. [Dosphehov B.A. Methods of Field Experiment (with the basics of the statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat Publ., 1985. (in Russian)]

Захаров В.Г., Яковлева О.Д. Изменение качества зерна яровой мягкой пшеницы в процессе селекции. URL: [http://zhros.ru/num46\(4\)_2016/13.html](http://zhros.ru/num46(4)_2016/13.html) (дата обращения 20.05.2017). [Zakharov V.G., Yakovleva O.D. Changes of the Quality of Spring Wheat Grain in the Breeding Process. URL: [http://zhros.ru/num46\(4\)_2016/13.html](http://zhros.ru/num46(4)_2016/13.html) (Date of application 20.05.2017). (in Russian)]

Зуев Е.В., Белан И.А., Россеева Л.П., Мешкова Л.В., Блохина Н.П. Исходный материал для селекции пшеницы мягкой яровой в условиях Омской области. Успехи соврем. науки и образования. 2016;11:122-125. [Zuev E.V., Belan I.A., Rosseeva L.P., Meshkova L.V., Blokhina N.P. Sources for soft spring wheat breeding in the Omsk region. Uspekhi Sovremennoi Nauki i Obrazovaniya = Advances in Modern Science and Education. 2016;11:122-125. (in Russian)]

Зуев Е.В., Ляпунова О.А., Брыкова А.Н., Сурганова Л.Д., Никифоров М.Н., Разумова И.И., Плотникова Л.Н., Поточкина С.Н., Бородина Р.К., Иванова О.А., Кожушко Н.Н., Жукова А.Э., Чмелева З.В., Климентьева Н.Ф. Характер изменчивости скороспелых образцов яровой мягкой пшеницы в различных эколого-географических условиях. Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 1999;708:67. [Zuev E.V., Lyapunova O.A., Brykova A.N., Surganova L.D., Nikiforov M.N., Razumova I.I., Plotnikova L.N., Potokina S.N., Borodina R.K., Ivanova O.A., Kozhushko N.N., Zhukova A.E., Chmeleva Z.V., Kliment'eva N.F. The pattern of variability of early-ripening soft spring wheat accessions under various ecogeographical conditions. Katalog Mirovoi Kollektzii VIR = VIR World Collection Catalogue. St. Petersburg: VIR Publ., 1999; 708:67. (in Russian)]

Изогенная линия АНК-12. URL: <http://www-sbras.nsc.ru/win/elbib/atlas/show.dhtml?Isogen+id+24> (Дата обращения 25.05.2018).

- [Isogenic Line ANK-12. URL: <http://www-sbras.nsc.ru/win/elbib/atlas/show.dhtml?Isogen+id+24> (Date of application 25.05.2018). (in Russian)]
- Коновалова И.В., Богдан П.М. Корреляция признаков у яровой мягкой пшеницы в условиях Приморского края. Вестн. Гос. аграр. ун-та Сев. Зауралья. 2016;3(34):74-79. [Konovalova I.V., Bogdan P.M. Correlation of quantitative traits in spring soft wheat in Primorskiy Kray. Vestnik Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta Severnogo Zaural'ya = Bulletin of the Northern Trans-Ural State Agricultural University. 2016;3(34):74-79. (in Russian)]
- Коробейникова О.В., Красильников В.В. Сравнительное изучение сортов яровой пшеницы на сортоучастке ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. Зерновое хоз-во России. 2015;2:17-21. [Korobeynikova O.V., Krasil'nikov V.V. Comparative study of spring wheat varieties in the variety testing plot of the Izhevsk State Agricultural Academy. Zernovoe Khozjaistvo Rossii = Grain Economy of Russia. 2015;2:17-21. (in Russian)]
- Лепехов С.Б. Признаки с отрицательными эффектами и их значение для селекции мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(3):337-343. DOI 10.18699/VJ16.114. [Lepikhov S.B. Traits with negative effects and their benefits for soft wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016;20(3):337-343. DOI 10.18699/VJ16.114. (in Russian)]
- Лихенко И.Е., Шаманин В.П. Использование изогенных линий в моделировании и селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Зауралья. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2003. [Likhenko I.E., Shamanin V.P. The Use of Isogenic Lines in the Modeling and Breeding of Spring Soft Wheat under the Conditions of the Northern Ural. Omsk: OmSAU Publ., 2003. (in Russian)]
- Лихенко И.Е., Артёмова Г.В., Степочкин П.И., Сотник А.Я., Гринберг Е.Г. Генофонд и селекция сельскохозяйственных растений. Сиб. вестн. с.-х. науки. 2014;5:35-41. [Likhenko I.E., Artemova G.V., Stepochkin P.I., Sotnik A.Ya., Grinberg E.G. Gene pool and breeding of agricultural plants. Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Sciences. 2014;5:35-41. (in Russian)]
- Лобачев Ю.В. Проявление генов низкорослости у яровых пшениц в Нижнем Поволжье. Саратов: Изд-во СГАУ, 2000. [Lobachev Yu.V. Manifestation of the Short Stature Genes from Spring Wheat in the Lower Volga Region. Saratov: SSAU Publ., 2000. (in Russian)]
- Лубнин А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири. Новосибирск: ИПЦ «Юпитер», 2006. [Lubnin A.N. Breeding of Soft Spring Wheat in Siberia. Novosibirsk: IPC Jupiter Publ., 2006. (in Russian)]
- Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Возможности создания сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) с широкой изменчивостью параметров вегетационного периода. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015;19(2):176-184. [Malchikov P.N., Myasnikova M.G. Approaches to the development of durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) with wide variability of the growing season. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2015;19(2):176-184. (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. 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., Boguslavskii R.L., Abdulaeva A.K., Chikida N.N., Mitrofanova O.P., Potokkina S.A. Replenishment, Preservation in Live Form, and Study of the World Collection of Wheat, Aegilops, and Triticale. Methodical guidelines. St. Petersburg: VIR Publ., 1999. (in Russian)]
- Мных С.В., Бугрей И.В., Рыжов В.А. Влияние длины вегетационного периода на урожайность риса. Современные технологии сельскохозяйственного производства и приоритетные направления развития аграрной науки: Материалы междунар. науч.-практ. конф. 2014;124-126. [Mnykh S.V., Bugrey I.V., Ryzhov V.A. Influence of growing season duration on rice yield. Modern technologies in agriculture and frontiers in the agrarian science. Proceedings of the international scientific and practical conference. 2014; 124-126. (in Russian)]
- Образцов А.С. Биологические основы селекции растений. М.: Колос, 1981. [Obraztsov A.S. Biological Foundations of Plant Breeding. Moscow: Kolos Publ., 1981. (in Russian)]
- Пискарев В.В., Тимофеев А.А., Цильке Р.А. Результаты селекции яровой мягкой пшеницы на продуктивность в условиях лесостепи Западной Сибири. Сиб. вестн. с.-х. науки. 2010;8:18-24. [Piskarev V.V., Timofeyev A.A., Tsil'ke R.A. The results of spring common wheat breeding for productivity under the conditions of forest steppe in Western Siberia. Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Sciences. 2010;8:18-24. (in Russian)]
- Прохоренко К.С., Горяев Д.Ю., Дмитриев В.Е. Использование методов контрастных сроков посева при изучении нормы высева яровой пшеницы. Вестн. КрасГАУ. 2007;3:84-87. [Prokhorenko K.S., Goryaev D.Yu., Dmitriev V.E. The use of methods of contrasting sowing terms in the study of the rate of spring wheat sowing. Vestnik KrasGAU = Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2007;3:84-87. (in Russian)]
- Руденко М.И., Шитова И.П., Корнейчук В.А. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Л.: ВИР, 1977. [Rudenko M.I., Shitova I.P., Korneychuk V.A. Methodological Guidelines for the Study of the World Wheat Collection. Leningrad: VIR Publ., 1977. (in Russian)]
- Тимошенкова Т.А., Самуилов Ф.Д. Зависимость продуктивности современных сортов яровой пшеницы от их морфологических особенностей в условиях степи Оренбургского Предуралья. Вестн. Казан. ГАУ. 2011;3(21):154-158. [Timoshenkova T.A., Samuilov F.D. Dependence of the productivity of modern spring wheat varieties on their morphological features in the steppe of the Orenburg Ural. Vestnik Kazanskogo GAU = Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2011;3(21):154-158. (in Russian)]
- Характеристики сортов растений, впервые включенных в 2016 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: официальное издание. М.: Росинформарготех, 2016. [Characteristics of Plant Varieties, Included for the First Time in 2016 in the State Register of Breeding Achievements Admitted for Use: official edition. Moscow: Rosinformagrotekh Publ., 2016. (in Russian)]
- Цильке Р.А. Изменчивость характера наследования количественных признаков у мягкой яровой пшеницы в зависимости от условий вегетации. Сиб. вестн. с.-х. науки. 1974;2:31-39. [Tsil'ke R.A. Variability of the nature of inheritance of quantitative traits in soft spring wheat depending on vegetation conditions. Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Sciences. 1974;2:31-39. (in Russian)]
- Цыбенков Б.Б., Билтуев А.С. Связь урожайности яровой пшеницы с элементами продуктивности в аридных условиях Бурятии. Вестн. Гос. аграр. ун-та Сев. Зауралья. 2016;2(33):87-93. [Tsybenov B.B., Biltuev A.S. The relationship of productivity of spring wheat to productivity elements under arid conditions of Buryatia. Vestnik Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta Severnogo Zaural'ya = Bulletin of the Northern Trans-Ural State Agricultural University. 2016; 2 (33):87-93. (in Russian)]
- Addison Ch.K., Mason R.E., Brown-Guedira G., Guedira M., Hao Yu., Miller R.G., Subramanian N., Lozada D.N., Acuna A., Arguello M.N., Johnson J.W., Sutton A.M., Harrison S.A. QTL and major genes influencing grain yield potential in soft red winter wheat adapted to the southern United States. Euphytica. 2016;209:665-677. DOI 10.1007/s10681-016-1650-1.

- Bhullar N.K., Street K., Mackay M., Yahiaoui N., Keller B. Unlocking wheat genetic resources for the molecular identification of previously undescribed functional alleles at the *Pm3* resistance locus. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2009;106(23):9519-9524. DOI 10.1073/pnas.0904152106.
- Friedrich C., Longin H., Reif J.C. Redesigning the exploitation of wheat genetic resources. *Trends Plant Sci.* 2014;19(10):631-636. DOI 10.1016/j.tplants.2014.06.012.
- Maccaferri M., Sanguineti M.C., Corneti S., Ortega J.L., Salem M.B., Bort J., Ambrogio E., Moral L.F., Demontis A., El-Ahmed A., Maalouf F., Machlab H., Martos V., Moragues M., Motawaj J., Nachit M., Nserallah N., Ouabbou H., Royo C., Slama A., Tuberosa R. Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. *Genetics.* 2008;178:489-511.
- Randhawa H.S., Graf R.J., Pozniak C., Clarke J.M., Asif M., Hucl P., Spaner D., Fox S.L., Humphreys D.G., Knox R.E., Depauw R.M., Singh A.K., Cuthbert R.D. Application of molecular markers to wheat breeding in Canada. *Plant Breed.* 2013;132(5):458-471.
- Reif J.C., Zhang P., Dreisigacker S., Warburton M.L., Ginkel M., Hoisington D., Bohn M., Melchinger A.E. Wheat genetic diversity trends during domestication and breeding. *Theor. Appl. Genet.* 2005; 110:859-864. DOI 10.1007/s00122-004-1881-8.
- Sadeque A., Turner M.A. QTL analysis of plant height in hexaploid wheat doubled haploid population. *Thai J. Agric. Sci.* 2010;43: 91-96.
- Singh M., Kumar S. Broadening the Genetic Base of Grain Cereals. Springer, India, 2016. DOI 10.1007/978-81-322-3613-9.
- Souza E., Sorrells M.E. Prediction of progeny variation in oat from parental genetic relationships. *Theor. Appl. Genet.* 1991;82(2):233-241. DOI 10.1007/BF00226219.
- Tadesse W., Amri A., Ogbonnaya F.C., Sanchez-Garcia M., Sohail Q., Baum M. Wheat. In: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement. Elsevier Inc., 2016;2:81-124. DOI 10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2.
- Wessels E., Botes W.C. Accelerating resistance breeding in wheat by integrating marker-assisted selection and doubled haploid technology. *S. Afr. J. Plant Soil.* 2014;31(1):35-43.

ORCID ID

V.V. Piskarev orcid.org/0000-0001-9225-5227

E.V. Zuev orcid.org/0000-0001-9259-4384

A.N. Brykova orcid.org/0000-0002-2215-5068