



Источники хозяйственно ценных признаков для селекции пшеницы мягкой яровой (*Triticum aestivum* L.) в условиях лесостепи Приобья Новосибирской области

В.В. Пискарев¹✉, Н.И. Бойко¹, И.В. Кондратьева²

¹ Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», пос. Краснообск, Новосибирская область, Россия

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», Новосибирск, Россия

Эффективность использования доноров в селекции растений в значительной мере зависит от степени изученности физиолого-генетической природы селекционно ценных признаков. Работа направлена на оценку количественных признаков (масса 1000 зерен, масса зерна, число зерен и число колосков колоса) у сортов пшеницы мягкой яровой различных групп спелости с целью выявления образцов с высокой продуктивностью и устойчивостью к стрессам, наиболее экологически адаптированных к региону. Количественные признаки были изучены у 139 сортообразцов пшеницы мягкой яровой, сгруппированных по продолжительности вегетационного периода: среднеранние и ранние, средне-спелые и среднепоздние. Показано, что средние за 3 года значения массы зерна колоса, числа зерен с колоса, числа колосков в колосе сортов Ленинградская 97 и Росинка 1 среднеранней и ранней групп спелости достоверно превышают средние значения признаков в группе спелости. В группе среднеспелых сортов высокой выраженностью двух и более признаков характеризовались сорта Баганская 51, Прохоровка, Омская кормовая, Амир и Лада, достоверно превысившие средние значения по группе. В среднепоздней группе спелости выделены: Омская 24 (масса зерна, число зерен и колосков в колосе), Сибирская 16 (масса зерна и число колосков в колосе) и Ишимская 98 (масса 1000 зерен и число колосков в колосе). Выделенные и охарактеризованные по ряду признаков сорта могут быть использованы в селекционном процессе как источники увеличения массы 1000 зерен, числа зерен колоса, числа колосков в колосе и массы зерна колоса. Показана тенденция увеличения массы 1000 зерен, массы зерна с колоса и числа колосков в колосе в зависимости от продолжительности вегетационного периода сортообразцов. Не выявлено сокращения вегетационного периода в годы эпифитотий у сортов, поражаемых болезнями, в сравнении с устойчивыми сортами.

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая; источник; масса 1000 зерен; масса зерна колоса; число зерен колоса; число колосков в колосе.

Sources of agronomically important traits for breeding of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in the forest steppe of Novosibirsk region

V.V. Piskarev¹✉, N.I. Boyko¹, I.V. Kondratieva²

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

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

The efficiency of donors in plant breeding depends on the degree of knowledge of the physiological and genetic background of agronomic characters. The research is aimed to assess quantitative agronomic traits (1000-grain weight, grain weight, grain number per spike and spikelet number per spike) in soft spring wheat varieties with different maturation timing in order to identify genotypes that show the best adaptation to the regional environment, high yield and resistance to stress. Agronomic traits were studied in 139 soft spring wheat varieties in contrasting years. The cultivars were divided into the following maturation groups: mid-early and early (31 plants), middle (94 plants) and mid-late (14 plants). In the mid-early and early group, Leningradskaya 97 and Rosinka 1 had three measures of maturation (grain weight per ear, grain number per spike, and spikelet number per spike) higher than the group average. In the middle group, Baganskaya 51, Prokhorovka, Omskaya kormovaya, Amir and Lada each had two or more measures significantly higher than the group average. In the mid-late group, the winners were Omskaya 24 (grain weight per spike, grain number per spike and spikelet number per spike), Sibirskaya 16 (grain weight per spike and spikelet number per spike) and Ishimskaya 98 (1000-grain weight and spikelet number per spike). Varieties identified and characterized in this way can be used in the selection process as a source of higher 1000-grain weight, grain number per spike, spikelet number per spike and grain weight per ear. A tendency towards increase has been demonstrated for 1000-grain weight, spikelet number



per spike and grain weight per ear depending on the length of the growing season. No reduction in vegetation period was observed in epiphytotic years in susceptible varieties as compared to resistant varieties.

Key words: spring soft wheat; source; 1000-grain weight; grain weight per spike; grain number per spike; spikelet number per spike.

КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Пискарев В.В., Бойко Н.И., Кондратьева И.В. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции пшеницы мягкой яровой (*Triticum aestivum* L.) в условиях лесостепи Приобья Новосибирской области. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(3):277-285. DOI 10.18699/VJ16.166

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Piskarev V.V., Boyko N.I., Kondratieva I.V. Sources of agronomically important traits for breeding of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in the forest steppe of Novosibirsk region. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016;20(3):277-285. DOI 10.18699/VJ16.166

Одним из основных способов создания сортов сельскохозяйственных культур до сих пор остается гибридизация с последующим отбором рекомбинантов с яркой выраженностью комплекса селекционно ценных признаков (Апанасенко и др., 2015; Баталова, 2015, Маркелова, 2015). Для успешной селекционной работы в регионе необходимо создавать и изучать коллекции идентифицированного генофонда, включающие экологически адаптированные к региону сортообразцы с высокой продуктивностью, качеством продукции и устойчивостью к стрессорам (Андреева, 2010).

Различия по степени проявления количественных признаков и изменение характера наследования в связи с влиянием условий внешней среды как по годам (Цильке, 1974), так и эколого-климатическим зонам (Драгавцев и др., 1984) носят регулярный характер. Это объясняет необходимость изучения количественных признаков и выделения источников в тех почвенно-климатических условиях, для которых создается селекционный материал.

В условиях Сибири урожайность яровой мягкой пшеницы состоит из трех основных компонентов: числа продуктивных колосьев на единицу площади, числа зерен в колосе и массы зерна колоса. Число колосьев значительно варьирует в зависимости 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 выделить источники высокой продуктивной кустистости сложно из-за наложения сильного модифицирующего влияния среды. Число зерен колоса напрямую связано с фертильностью и числом колосков в колосе, при этом фертильность напрямую зависит от погодных условий (Обухова, 2014), тогда как число колосков в колосе является относительно стабильным признаком (Цильке, 1974; Шиндин, 2008; Гагаринский и др., 2015). Масса зерна колоса складывается из числа зерен в колосе и крупности зерна, которая выражается в массе 1000 зерен.

Актуальность сохранения, изучения и пополнения генофонда новыми формами связана с необходимостью целенаправленного подбора исходного материала для селекционных программ и научно-исследовательских работ по экологической адаптации и хозяйственной пригодности культурных растений (Лихенко и др., 2014).

Изучение полиморфизма признака у коллекционных образцов позволяет определить границы изменчивости. Н.И. Вавилов считал, что селекция должна включать систематизированные научные знания, вскрывающие сортовую амплитуду видов, систему видов, крайние варианты, амплитуду физиологических, химических и иных свойств (Вавилов, 1987). Это в свою очередь позволяет выделить источники и доноры хозяйственно ценных признаков.

Определение эффективных аллелей в выделенных сортообразцах коллекции позволит создавать сорта с требуемыми параметрами (Леонова, 2013; Leonova, 2013; Randhawa et al., 2013; Wessels et al., 2014). Уверенно прогнозировать селекционную ценность коллекционных образцов можно только когда известен их потенциал (Давыдова, Казаченко, 2013). В связи с этим расширение и углубление исследований, направленных на создание и использование источников и доноров селекционно ценных признаков пшеницы, представляют собой важную и актуальную задачу.

Цель работы – изучение селекционно ценных количественных признаков (масса 1000 зерен, масса зерна, число зерен и число колосков колоса) у сортообразцов пшеницы мягкой яровой различных групп спелости для выявления образцов, наиболее экологически адаптированных к региону, с высокой продуктивностью и устойчивостью к стрессам.

Материал и методы

Экспериментальную часть работ проводили в лесостепи Приобья на опытном участке лаборатории генофонда растений СибНИИРС. Погодные условия в 2011 г. были близкими к среднегодовым. Гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,22. В 2012 г. наблюдали дефицит по влагообеспеченности на фоне высоких температур, ГТК = 0,59. В 2013 г. наблюдали дефицит тепла на фоне избыточного увлажнения, ГТК = 2,86.

В опыт включены 139 коллекционных сортообразцов пшеницы мягкой яровой селекции различных научно-исследовательских и селекционных учреждений, в том числе образцы иностранной селекции (Республика Казахстан и Украина). Сорта и линии коллекции СибНИИРС сгруппированы в группы спелости исходя из характеристик Госсорсети и результатов наблюдений прошлых лет: средне-ранние и ранние – 31 сортообразец, среднеспелые – 94,

среднепоздние – 14. Посев проводили в 2011 г. – 14 мая, 2012 г. – 12 мая, 2013 г. – 20 мая вручную в двукратной повторности. Предшественник – чистый пар.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения по методическим указаниям, в том числе оценивали устойчивость к бурой ржавчине, мучнистой росе и засухе (Мережко и др. 1999). В фазу восковой спелости растения убирали в снопы и высушивали, после чего проводили структурный анализ, учитывая следующие структурные элементы: число растений с делянки, число продуктивных стеблей с делянки, число колосков в колосе (по 10 колосьям с делянки), массу зерна со снопа и массу 1 000 зерен. Массу зерна колоса вычисляли методом деления общей массы зерна со снопа на число продуктивных стеблей. Число зерен колоса вычисляли по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Число зерен колоса} &= \\ &= \text{масса зерна со снопа} \times \frac{\text{масса 1 000 зерен}}{1 000} \end{aligned}$$

Математическую обработку результатов проводили с помощью программы MS Excel по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты

В результате проведенных исследований выявлено значительное варьирование признаков по годам исследования и группам спелости (табл. 1).

Следует отметить, что сорта 1-й и 3-й групп достоверно отличались по средним значениям массы 1 000 зерен, также выявлена тенденция увеличения массы зерна колоса от 1-й к 3-й группам спелости.

Продолжительность периода «всходы – колошение» в среднем у всех изученных сортов составила 42,2, 43,4, и 48,4 дня для 1-, 2- и 3-й групп соответственно, при этом достоверные отличия отмечены лишь между сортами среднепоздней и среднеранней – ранней групп спелости, среднепоздней и среднеспелой групп. Показано значительное варьирование продолжительности периодов от всходов до колошения и от всходов до созревания в зависимости от года, что обусловлено погодными условиями. Так в 2012 г. наблюдали ощутимое сокращение продолжительности периодов, особенно для периода «колошение – созревание», тогда как в 2013 г. произошло значительное увеличение межфазных периодов (табл. 1).

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа данных, полученных в эксперименте у сортов и линий пшеницы мягкой яровой различных групп спелости, можно отметить, что варианты, отражающие изменчивость, вызванную условиями, сложившимися в разные годы исследований, и варианты, отражающие генотипическую изменчивость, достоверны по всем изученным признакам, но с разным уровнем значимости (табл. 2). Почти по всем группам спелости более 50 % изменчивости признаков (масса зерна колоса, масса 1 000 зерен и число зерен колоса) связано с погодными условиями, сложившимися в годы изучения. При этом изменчивость числа колосков в колосе во всех группах спелости обусловлена в большей мере различием генотипов, чем погодными условиями года.

На основе оценки количественных признаков коллекционных сортообразцов пшеницы мягкой яровой выделены

источники, характеризующиеся высокой выраженностью этих признаков. По среднеранней и ранней группам спелости выделены образцы, достоверно превышающие среднее значение в группе по следующим признакам: масса 1 000 зерен – Тюменская 80, масса зерна колоса – Ленинградская 97 и Росинка 1, число зерен колоса – Ленинградская 97, Росинка 1 и Энита, число колосков в колосе – Ирень, Ленинградская 97, Новосибирская 31, Росинка 1, Черемшанка и Энита (табл. 3).

По комплексу признаков продуктивности выделены 3 образца: Ленинградская 97 Росинка 1 и Черемшанка. Особо стоит отметить сорт Ленинградская 97, который характеризовался высокой выраженностью сразу трех признаков (масса зерна, число зерен и число колосков колоса), при этом по двум признакам значения характеризовались по годам средним варьированием (число зерен колоса, $C_v = 19$) и слабым (число колосков в колосе, $C_v = 8$). В целом среди изученных признаков наиболее стабильные значения в годы исследований наблюдали по числу колосков колоса, коэффициент вариации у сортов средний или низкий, тогда как самый нестабильный признак у сортов – масса зерна колоса, коэффициент вариации высокий.

Среди 94 сортообразцов среднеспелой группы, включенных в эксперимент, выделены 13 (Альбидум 31, АН-34, Баганская 51, Казахстанская 32, Катюша, Лютесценс 148, Лютесценс 85, Мариинка, Омская кормовая, Саратовская 62, Серебрина, Харьковская 22 и Юлия), характеризующихся высокой выраженностью массы 1 000 зерен (33,1–37,3 г) (табл. 3). У четырех сортов (Баганская 51, Омская кормовая, Прохоровка и Харьковская 22) масса зерна с колоса варьировала от 0,97 до 1,11 г. С наибольшими показателями по числу зерен колоса в опыте выделили четыре сорта (Амир, Баганская 51, Лада и Прохоровка), а по числу колосков в колосе – семь сортов (Амир, Баганская 51, Бэль, Диас 2, Лада, Омская 31 и Прохоровка).

При детальном рассмотрении показателей количественных признаков изученных сортов среднеспелой группы были выделены образцы, характеризующиеся стабильным проявлением признака в различные годы. Так, средняя изменчивость массы 1 000 зерен в годы исследования отмечена у сортообразцов АН-34, Баганская 51, Казахстанская 32, Лютесценс 148 и Мариинка, у которых коэффициент вариации признака за годы изучения варьировал от 13 до 19 % (табл. 3). Изменчивость массы зерна колоса в годы исследований у представленных в таблице образцов была значительная, коэффициент вариации составил 31–57 %, что говорит о сильной зависимости признака от погодных условий, складывающихся в период вегетации.

Высокими значениями массы зерна колоса и средним варьированием данного признака в годы исследований характеризовались два сортообразца, Амир (29,9 шт., $C_v = 18$ %) и Лада (30,6 шт., 19 %). Четыре сортообразца (Амир, Баганская 51, Диас 2 и Омская 31) формировали стабильно высокое по годам число колосков в колосе. Следует также отметить, что число колосков в колосе – наиболее стабильный признак у изученных образцов, коэффициент вариации у сортов за годы исследования составил 7–16 %.

Table 1. Yearly variation of quantitative characters in spring common wheat varieties of different ripening time groups (Krasnoobsk)

Character	Ripening time group	2011	2012	2013	\bar{X}	LSD
1000 grain weight, g	1	35.8±2.5	22.6±2.0	30.5±2.9	29.6*±2.0	2.7
	2	38.2±3.8	24.6±2.6	31.0±3.1	31.3±2.7	
	3	40.3±3.7	26.5±2.9	32.6±2.4	33.2*±2.4	
Grain weight per spike, g	1	1.13±0.16	0.49±0.05	0.68±0.12	0.77±0.09	0.16
	2	1.20±0.19	0.50±0.06	0.72±0.11	0.81±0.10	
	3	1.30±0.22	0.60±0.9	0.78±0.15	0.89±0.13	
Grain number per spike	1	31.3±4.5	21.7±2.2	22.5±3.2	25.2±2.8	4.3
	2	31.4±3.7	20.5±2.2	23.4±3.2	25.1±2.4	
	3	32.0±4.0	22.8±3.0	24.0±3.7	26.2±3.1	
Spikelet number per spike	1	14.5±1.1	12.2±1.1	13.7±1.8	13.5±1.2	1.1
	2	14.6±1.2	12.2±1.0	14.2±1.3	13.7±1.1	
	3	15.0±1.8	13.3±1.9	15.3±1.9	14.5±1.8	
Duration of the «sprouting–earring» interval, days	1	41.3±1.8	40.0±1.7	45.3±1.2	42.2*±1.1	2.1
	2	42.7±1.7	41.4±1.5	46.1±1.1	43.4*±1.0	
	3	46.0±2.0	43.9±2.1	48.4±1.2	46.1*±1.7	
Duration of the «sprouting–wax ripening» interval, days	1	77.9±2.0	67.1±2.1	81.1±2.2	75.4*±1.8	3.2
	2	83.7±1.7	68.6±1.5	86.6±2.0	79.6*±1.6	
	3	89.6±1.7	72.6±2.3	91.7±1.4	84.6*±1.5	

* Differences between the values valid at the 95 % significance level. 1, medium-early and early ripening time groups; 2, middle ripening time group; 3, middle-later ripening time group; LSD, least significant difference.

Table 2. Two-way analysis of the variance of quantitative characters

Character	Factor	Ripening time group					
		1		2		3	
		F	η	F	η	F	η
Spikelet number per spike	A	127.6**	31.1	287.6**	35.6	28.4*	17.2
	B	12.2**	44.6	6.5**	37.1	16.3**	64.3
	A×B	1.8**	12.9	0.9	9.8	0.7	5.8
1000 grain weight	A	395.1**	75.7	1500.1**	69.8	371.5**	75.4
	B	3.6**	10.5	7.3**	15.9	9.7**	12.8
	A×B	0.8	4.9	1.8**	7.7	2.9**	7.5
Grain number per spike	A	139.7**	50.9	393.6**	55.6	51.6*	46.7
	B	3.9**	21.4	2.3**	15.3	4.4**	25.9
	A×B	1.0	10.7	0.7	9.2	0.7	8.4
Grain weight per spike	A	482.0**	76.8	1295.9**	76.4	178.3**	71.9
	B	3.8**	9.1	3.1**	8.5	5.0**	13.0
	A×B	1.4*	6.7	1.2*	6.8	1.2	6.5

A, Factor "Year"; B, Factor "Genotype"; A×B, Interaction of factors; F, Fisher's exact test; η, The contribution of the factor to the phenotypic expression of the trait, %; * p < 0.05; ** p < 0.01.

Table 3. Spring common wheat accessions belonging to different ripeness groups with high performance of characters in the forest-steppe of the Ob region

Variety	1000 grain weight		Grain weight per spike		Grain number per spike		Spikelet number per spike	
	\bar{X}	Cv, %	\bar{X}	Cv, %	\bar{X}	Cv, %	\bar{X}	Cv, %
Medium-early and early ripening								
Iren	28.8	20	0.82	35	27.7	22	14.6*	8
Leningradskaya 97	29.3	24	0.91*	41	30.3*	19	15.3*	9
Novosibirskaya 31	28.5	24	0.81	50	27.0	28	15.2*	16
Rosinka 1	29.8	22	0.95*	51	30.5*	33	15.2*	11
Tyumenskaya 80	33.1*	28	0.83	40	24.1	17	13.0	10
Cheremshanka	31.0	22	0.89*	41	27.7	20	15.3*	12
Enita	25.9	19	0.86	41	32.2*	24	16.1*	11
Average for the ripening time group	29.6		0.77		25.2		13.5	
LSD at $p < 0.05$	3.0		0.10		4.1		0.9	
Medium ripening								
Albidum 31	35.8*	23	0.81	48	21.6	27	11.0	12
Amir	25.8	17	0.77	31	29.9*	18	15.0*	8
AN-34	34.5*	14	0.90	38	25.6	24	14.5	11
Baganskaya 51	35.7*	15	1.08*	36	30.1*	25	16.1*	9
Bel	29.0	24	0.83	43	27.6	22	16.1*	11
Dias 2	33.7	26	0.76	42	22.1	23	15.1*	9
Kazakhstanskaya 32	37.3*	13	0.78	43	20.2	30	13.0	9
Katyusha	35.0*	27	0.94	44	25.9	21	13.1	10
Lada	30.5	19	0.96	34	30.6*	19	15.8*	10
Lyutestsens 148	36.7*	18	0.84	34	22.6	18	13.2	7
Lyutestsens 85	35.4*	24	0.92	54	24.8	32	13.8	9
Mariinka	35.1*	14	0.88	37	24.3	22	13.4	13
Omskaya 31	31.4	20	0.88	48	26.9	29	15.2*	7
Omskaya kormovaya	38.3*	24	1.11*	57	27.3	36	13.5	15
Prokhorovka	30.9	28	1.00*	48	31.2*	28	15.4*	16
Saratovskaya 62	35.4*	20	0.77	37	21.4	20	12.0	13
Serebrina	34.3*	25	0.84	46	23.7	26	13.9	14
Kharkovskaya 22	35.6*	24	0.97*	45	26.1	22	13.5	10
Yuliya	35.1*	22	0.94	44	25.7	22	12.5	9
Average for the ripening time group	31.3		0.81		25.1		13.7	
LSD at $p < 0.05$	2.7		0.15		4.4		1.2	
Medium-late ripening								
Ishimskaya 98	36.0*	19	0.97	42	26.1	26	16.0*	10
Kazakhstanskaya 10	32.3	30	0.83	43	24.8	14	15.8*	12
Kinelskaya 60	35.6*	17	1.01	45	27.2	29	12.1	10
Omskaya 24	33.7	21	1.14*	37	32.9*	17	16.9*	5
Sibirskaya 12	30.2	17	0.82	29	26.7	13	16.6*	9
Sibirskaya 16	35.1	23	1.07*	35	30.0	14	15.9*	8
Shortandinskaya 95	37.8*	21	1.01	38	26.3	21	15.0	4
Average for the ripening time group	33.2		0.89		26.2		14.5	
LSD at $p < 0.05$	2.2		0.17		4.3		1.2	

* Significantly exceeds the value averaged over the ripening time group for three years; Cv is the variation coefficient.

По сочетанию комплекса признаков с высокой выраженностью можно выделить следующие сорта: Баганская 51 (масса 1000 зерен, масса зерна, число зерен и число колосков в колосе); Прохоровка (масса зерна, число зерен и число колосков в колосе); Омская кормовая и Харьковская 22 (масса 1000 зерен и масса зерна колоса), Амир и Лада (число зерен и число колосков в колосе).

В результате изучения 14 сортообразцов среднепоздней группы спелости выделены сорта Ишимская, Кинельская 60 и Шортандинская 95, характеризующиеся высокой выраженностью массы 1000 зерен (35,6 г – 37,8 г) (табл. 3). Два сорта (Омская 24 и Сибирская 16) отличались высокой массой зерна колоса (1,07 и 1,14 г). У пяти сортов (Ишимская 98, Казахстанская 10, Омская 24, Сибирская 12 и Сибирская 16) были установлены наиболее высокие показатели числа колосков в колосе, а у сорта Омская 24 – числа зерен колоса. При этом за годы исследования сорт Омская 24 характеризовался средней изменчивостью числа зерен колоса.

По сочетанию высокой выраженности двух и более признаков можно выделить следующие образцы: Омская 24 (масса зерна, число зерен и число колосков в колосе); Сибирская 16 (масса зерна и число колосков в колосе) и Ишимская 98 (масса 1000 зерен и число колосков в колосе). Средней изменчивостью в сочетании с высокой выраженностью массы 1000 зерен характеризовались сорта Ишимская 98 и Кинельская 60. Достоверное превышение по числу колосков в колосе с низким коэффициентом вариации наблюдали у сортов Омская 24, Сибирская 12 и Сибирская 16.

Образцы, выделившиеся по количественным признакам среди всех групп спелости, были изучены по продолжительности периодов «всходы – колошение», «всходы – восковая спелость», устойчивости к грибным болезням и засухоустойчивости (табл. 4). Продолжительность периода «всходы – колошение» варьировала от 40,3 (Казахстанская 32) до 45,3 дня (Баганская 51 и Юлия), кроме того более коротким периодом характеризовались сорта Саратовская 62 (41,3 дня) и Харьковская 22 (41,7 дня).

Продолжительность периода от всходов до восковой спелости у образцов среднеранней, ранней и среднепоздней групп спелости варьировала в пределах НСР при $p < 0,05$, отклонения по продолжительности межфазных периодов также не выявлены. У образцов среднеспелой группы продолжительность данного периода в среднем за годы исследования варьировала от 76,7 (Казахстанская 32) до 81,3 дня (Харьковская 22), при этом достоверное отличие наблюдали лишь у сорта Казахстанская 32. Достоверных отличий в продолжительности межфазных периодов у сортов от среднего значения по группе наблюдали значительно больше.

Меньшей продолжительностью периода «колошение – восковая спелость», чем среднее значение по группе, характеризовались сортообразцы АН-34 (34,3) и Баганская 51 (33,3), большей – Лютесценс 85 (38,0), Омская кормовая (39,0), Саратовская 62 (3,1) и Харьковская 22 (+3,4), при этом варьирование признака у сортов в группе составило 33,3–39,7 дня.

Поражение изученных образцов мучнистой росой и бурой ржавчиной представлено по результатам полевой оценки в год наибольшего распространения инфекции (2013 г.). Наибольшей устойчивостью к мучнистой росе характеризовались сорта Юлия и Энита (9 баллов), бурой ржавчине – сорта Юлия и Альбидум 31, Амир и Прохоровка.

Погодные условия 2012 г. позволили дать оценку засухоустойчивости образцов, включенных в изучение. По результатам этой оценки выделенные по количественным признакам образцы значительно различались. Наименее устойчивыми к засухе были образцы Бэль и Лютесценс 85 (балл 3), 18 сортов характеризовались высокой устойчивостью к засухе (7 баллов) и 13 образцов – средней (5 баллов).

Обсуждение

Во многих работах, опубликованных по результатам изучения сортов зерновых культур различных групп спелости, авторы приходят к выводу о зависимости выраженности количественных признаков, особенно урожайности, от продолжительности вегетационного периода (Ведров, Халипский, 2009; Мных и др., 2014; Мальчиков, Мясникова, 2015; Malchikov, Myasnikova, 2016).

В нашем исследовании масса 1000 зерен выделившихся по этому признаку сортов в среднеранней и ранней группах составила 33,1 г (Тюменская 80), в среднеспелой – 34,3–38,3 г (Серебряна, Омская кормовая), в среднепоздней – 35,6 – 37,8 г (Кинельская 60, Шортандинская 95), при этом наблюдали тенденцию увеличения выраженности признака от ранних сортов к поздним. Исключение составляет сорт Омская кормовая, формирующий самое крупное зерно в эксперименте, но входящий в группу среднеспелых образцов.

По признакам «масса зерна колоса» и «число колосков в колосе» наблюдается та же тенденция, что и по массе 1000 зерен. Так, по массе зерна колоса варьирование у лучших образцов в группе составило: 1-я группа спелости – 0,89–0,95 г (Черемшанка, Росинка 1), 2-я – 0,97–1,11 г (Харьковская 22, Омская кормовая) и 3-я – 1,07–1,14 г (Сибирская 16, Омская 24). У выделившихся в группах сортообразцов число колосков в колосе увеличивалось от 1-й к 3-й группе спелости, при этом варьирование в группах составило: 1-я группа спелости – 14,6–16,1 шт. (Ирень, Энита), 2-я – 15,0–16,1 шт. (Амир, Баганская 51 и Бэль), 3-я – 15,8–16,9 шт. (Казахстанская 10, Омская 24).

По числу зерен колоса подобной тенденции между группами спелости не выявлено. Число зерен колоса у лучших образцов 1-й группы спелости варьировало от 30,3 (Ленинградская 97) до 32,2 шт. (Энита), тогда как во 2-й – от 29,9 (Амир) до 31,2 шт. (Прохоровка), а в 3-й значение признака у лучшего образца Омская 24 составило 32,9.

Значительную роль в продолжительности отдельных фаз развития растений играют условия вегетации (Исачкова, Ганичев, 2012; Гончаров и др., 2013). Нередко в годы с высокими температурами на фоне недостатка влаги в фазу колошения сорта из различных смежных групп спелости вступают в эту фазу почти одновременно

Table 4. The results of the phenological observations of quantitative characters in spring common wheat accessions

Variety	Sprouting– earling interval, days	Sprouting– wax ripening interval, days	Earing– wax ripening interval, days	Powdery mildew score	Leaf rust score	Drought resistance score
	\bar{X} 2011–2013	\bar{X} 2011–2013	\bar{X} 2011–2013	2013 r.	2013 r.	2012 r.
Ripening time group 1 \bar{X}	42.2	75.4	33.2			
Iren	42.3	75.3	33.0	7	3	5
Leningradskaya 97	43.7	76.0	32.3	7	7	7
Novosibirskaya 31	41.7	76.0	34.3	3	3	5
Rosinka 1	42.0	75.3	33.3	7	3	7
Tyumenskaya 80	41.3	74.7	33.3	7	7	5
Cheremshanka	42.3	75.0	32.7	7	7	7
Enita	42.0	75.3	33.3	9	5	7
Ripening time group 2 \bar{X}	43.4	79.6	35.7			
Albidum 31	42.7	78.7	36.0	3	9	5
Amir	42.7	79.0	36.3	7	9	7
AN-34	43.0	77.3	34.3*	5	7	7
Baganskaya 51	45.3*	78.7	33.3*	3	5	7
Bel	43.0	79.0	36.0	5	3	3
Dias 2	44.0	79.7	35.7	5	5	7
Kazakhstanskaya 32	40.3*	76.7*	36.3	5	7	7
Katyusha	44.3	79.3	35.0	5	5	7
Lada	44.7	79.3	34.7	5	7	7
Lyutestsens 148	44.0	80.3	36.3	3	7	5
Lyutestsens 85	42.7	80.7	38.0*	7	7	3
Mariinka	44.7	80.7	36.0	5	7	7
Omskaya 31	44.3	80.3	36.0	5	7	5
Omskaya kormovaya	42.0	81.0	39.0*	3	7	5
Prokhorovka	44.7	80.0	35.3	7	9	7
Saratovskaya 62	41.3*	80.7	39.3*	7	3	5
Serebrina	44.0	79.3	35.3	7	5	5
Kharkovskaya 22	41.7*	81.3	39.7*	5	5	7
Yuliya	45.3*	81.0	35.7	99	99	5
Ripening time group 3 \bar{X}	46.1	84.6	38.5			
Ishimskaya 98	46.0	83.7	37.7	5	3	5
Kazakhstanskaya 10	45.0	83.3	38.3	5	3	5
Kinelskaya 60	47.3	85.3	38.0	5	7	7
Omskaya 24	46.0	85.0	39.0	5	3	7
Sibirskaya 12	46.3	84.7	38.3	5	5	7
Sibirskaya 16	46.3	84.7	38.3	7	3	5
Shortandinskaya 95	45.7	85.7	40.0	7	7	7
LSD at $p < 0.05$	1.5	2.4	1.7			

Resistance to powdery mildew: 99, no damage observed; 9, very high; 7, high; 5, medium; 3, low; 1, very low. Resistance to leaf rust: 99, no damage observed; 9, less than 5% damaged; 7, 6–10%; 5, 11–20%; 3, 21–50%; 1, more than 50%. Drought resistance scoring: 9, very high; 7, high; 5, medium; 3, low; 1, very low. * The value differs significantly from that averaged over the ripeness group.

(различия составляют 1–3 дня) или переходят в другую группу спелости. Кроме того, большое влияние на сроки созревания в период налива зерна имеет наличие поражения листостебельными болезнями. В годы эпифитотий сорта, неустойчивые к листостебельным заболеваниям, созревают раньше устойчивых, так как сильно пораженные листья скручиваются и засыхают (Пересыпкин, 1979), в результате чего селекционеры могут отнести их в смежную, более раннюю группу спелости.

В наших исследованиях основная часть выделенных по количественным признакам образцов выколашивались в 2012 г. на 1–5 дней раньше, чем в 2011 г. При этом выявлены сортообразцы, вступающие в фазу колошения как в засушливом 2012, так и в благоприятном 2011 г. в одинаковые сроки: Тюменская 80 (40 дней), Баганская 51 (44), Омская 31 (43). Кроме того, имелись образцы Ленинградская 97, Мариинка, Диас 2 и Харьковская 22, которые в 2012 г. выколашивались на 1–3 дня позже, чем в 2011 г. В 2013 г. все, кроме сорта Юлия, вступали в фазу колошения на 1–8 дней позже, чем в 2011 г. Наибольшее увеличение межфазного периода отмечено у сортов Ленинградская 97 (6 дней), АН-34 (7) и Харьковская 22 (8).

Из всех 139 изученных в работе сортов, устойчивых к двум болезням, при этом имеющих высокую массу 1000 зерен, был лишь сорт Юлия селекции Пензенского и Самарского НИИСХ. Кроме того, сорт формировал более продуктивный колос, чем в среднем сорта среднепоздней группы, и большее число зерен. Продолжительность вегетации у сорта Юлия в 2013 г. была лишь на два дня больше, чем в 2011 г., в сравнении с сортами АН-34, Казахстанская 32, Лада и Омская 24, отличавшимися большей задержкой созревания (5–8 дней) и поражавшимися бурой ржавчиной и мучнистой росой. Таким образом, полученные нами результаты не позволяют сделать вывод о сокращении вегетационного периода в годы эпифитотий у сортов, поражаемых болезнями, в сравнении с устойчивыми.

Авторы (Живодёрова и др., 2009) наблюдали редукцию колосков в колосе под влиянием высоких температур воздуха и дефицита влаги в период прохождения озимой пшеницей V–XI этапов органогенеза, которая в зависимости от сорта и нормы высева варьировала от 0,8 до 2,9 шт. При этом в ряде исследований (Цильке, 1974; Шиндин, 2008; Гагаринский и др., 2015) авторы отмечают высокую стабильность признака «число колосков в колосе» по годам изучения на сортах и гибридах. В наших исследованиях сорта по-разному реагировали на высокие температуры и отсутствие осадков во время прохождения растениями V–XI этапов органогенеза растений в 2012 г. Сорта Альбидум 188 и Куйбышевская 2, имеющие самые высокие значения коэффициента вариации признака (20 и 18 % соответственно), характеризовались редукцией 4,8 колосков в засушливом 2012 г. по сравнению с благоприятным 2011 г., что составило, соответственно, 35 и 32 % от благоприятного года. Оба сорта являются среднеспелыми. В группе среднеранних и ранних сортов наибольшее снижение числа колосков в колосе в засушливый год (5,5 шт., 30 %) отмечено у среднераннего интенсивного сорта Новосибирская 31 (Лихенко и др., 2014); в группе

среднепоздних – у сорта Казахстанская 10 (3 шт., 18 %). Кроме того, следует отметить, что сорта среднепозднего срока созревания в целом меньше (–1,7 шт.), чем сорта среднераннего, раннего (–2,3 шт.) и среднеспелого (–2,4 шт.) сроков созревания, редуцировали колоски в условиях засухи 2012 г. по сравнению с 2011 г. Таким образом, в наших исследованиях выявлены значительные различия по стабильности признака «число колосков в колосе». В зависимости от сорта число колосков в колосе в условиях засухи 2012 г. снижалось по сравнению с 2011 г. на 4 (Омская 24, Лютеценс 148) – 35 % (Альбидум 188). В целом же средние значения по группам спелости в условиях 2012 г. были на 11–16 % меньше по сравнению с 2011 г., что говорит о стабильности признака по группе сортов.

Проведенное изучение коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в контрастных погодных условиях позволило выделить образцы для каждой группы спелости, характеризующиеся высокими показателями как отдельных признаков, так и их комбинаций. Дополнительно к оценке количественных признаков образцы были охарактеризованы по устойчивости к бурой ржавчине, мучнистой росе и засухе в полевых условиях, продолжительности периода вегетации и межфазных периодов, что позволяет подбирать коллекционные образцы для селекционного использования по комплексу признаков.

Acknowledgments

Evaluation of varieties for the duration of the growing season, resistance to fungal diseases, and drought resistance was carried out as part of State Budgeted Project no. 0324-2015-0005. The analysis of quantitative traits and statistical analysis of the results were supported by the Russian Science Foundation, project no. 16-16-00011.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Andreeva Z.V. The shares of genotypic and paratypic variability in grain yield in tests of spring common wheat varieties in the Omsk, Novosibirsk, Tomsk, and Altai regions. *Vestnik Novosibirskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University*. 2010;3(15):9-13.
- Apanasenko V.V., Egorova I.N., Bardunov A.O. *Sortovoe rayonirovanie selskokhozyaystvennykh kultur v Novosibirskoy oblasti na 2015 god. Filial FGBU «Gosortkomissiya» po Novosibirskoy oblasti [Zoning of crop varieties in the Novosibirsk oblast in 2015. The Novosibirsk Regional Branch of the State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection]*. Novosibirsk: Areal Publ., 2015.
- Batalova G.A. Use of hybridization and selection of naked oats. *Zernovoe Khozjaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2015;2:25-28.
- Davydova N.V., Kazachenko A.O. Features of starting material selection for spring common wheat breeding in the Central Nechernozemie (Nonblack soil zone). *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of the Altai State Agricultural University*. 2013;5:5-9.
- Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methods of field experiment (with the basics of the statistical evaluation of experimental results)]*. Moscow, Agropromizdat, 1985.

- Dragavtsev A.G., Zielke R.A., Reiter B.G. Genetika priznakov produktivnosti yarovykh pshenits v Zapadnoy Sibiri [Genetics of productivity indices of spring wheat in West Siberia]. Novosibirsk, Nauka, 1984.
- Gagarinsky E.L., Stepanov S.A., Signaevsky V.D. Microevolution of productivity indices in shoots of spring common wheat bred in Saratov. Byulleten Botanicheskogo Sada Saratovskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Bulletin of the Botanical Garden of the Saratov State University. 2015;13:171-181.
- Goncharov P.L., Kurkova S.V., Osipova G.M. Response of spring common wheat varieties to environmental conditions of northern Kulunda steppe, West Siberia. Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC. 2013;1:5-7.
- Isachkova O.A., Ganichev B.L. Vegetative period of naked oat varieties in northern forest-steppe of the Kemerovo oblast. Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC. 2012;10:26-29.
- Leonova I.N. Molecular markers: implementation in crop plant breeding for identification, introgression, and gene pyramiding. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013;17(2):314-325
- Leonova I.N. Molecular markers: implementation in crop plant breeding for identification, introgression, and gene pyramiding. Rus. J. Genet.: Appl. Res. 2013;3(6):464-473. DOI 10.1134/S2079059713060051
- Likhenko I.E., Artyomova G.V., Stypochkin P.I., Sotnik A.Ja., Grinberg E.G. Gene pool and breeding of agricultural plants. Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Sciences. 2014;5:35-41.
- Likhenko I.E., Zybchenko D.P., Zamiralova V.I. The formation of wheat cenosis under arid conditions of the Siberian forest-steppe region. Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC. 2014;3:44-46.
- Lubnin A.N. Seleksiya myagkoy yarovoy pshenitsy v Sibiri [Breeding of spring common wheat in Siberia]. Novosibirsk, Jupiter Publishing Center, 2006.
- Malchikov P.N., Myasnikova M.G. Approaches to the development of durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) with broad growing season variability. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2015;19(2):176-184.
- Malchikov P.N., Myasnikova M.G. Approaches to the development of durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) with a wide variability of the growth season. Rus. J. Genet.: Appl. Res. 2016;6(3):249-257. DOI 10.1134/S2079059716030072
- Markelova T.S. Results of the selection of winter and spring wheat for resistance to diseases in the Lower Volga region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2015;4:26-27.
- Merezhko A.F., Udachin R.A., Zuyev V.E., Filatenko A.A. Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoy kolleksii pshenitsy, egilopsa i tritikale (Metodicheskie ukazaniya). Pod red. A.F. Merezhko [Replenishment, preservation in live form, and study of the world collection of wheat, triticale and Aegilops (Guidelines). Ed. A.F. Merezhko]. Saint-Petersburg, Vavilov Research Institute of Plant Industry, 1999.
- Mnykh S.V., Bugrey I.V., Ryzhov V.A. Influence of the duration of the growing season on rice performance. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye tekhnologii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva i prioritetye napravleniya razvitiya agrarnoy nauki" [Proceedings of the international scientific and practical conference "Modern agroindustrial technologies and frontiers of the Agricultural Science"]. Don State Agrarian University, 2014:124-126.
- Obukhova E.O. The role of environmental factors in the formation of spring common wheat yield in Kansk forest-steppe. Vestnik Hakasskogo Gosudarstvennogo Universiteta im. N.F. Katanova = Bulletin of the Katanov State University of Khakassia. 2014;9:135-138.
- Peresypkin V.F. Bolezni zernovykh kultur [Diseases of crops]. Moscow, Kolos, 1979.
- Prohorenko K.S., Gorjaev D.Ju., Dmitriev V.E. The use of contrasting dates in the study of the seeding rate of spring wheat. Vestnik KrasGAU = Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2007;3:84-87.
- 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 Breeding. 2013;132(5):458-471.
- Shindin I.M. Inheritance of quantitative traits in hybrids of spring common wheat in the Far East. Vestnik KrasGAU = Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2008;4:66-70.
- Vavilov N.I. Seleksiya kak nauka. Teoreticheskie osnovy seleksii [Breeding as a science. The theoretical basis of breeding]. Moscow, Nauka, 1987.
- Vedrov N.G. Halipskiy A.N. Comparative estimation of spring wheat varieties of the west and East Siberian selection. Vestnik KrasGAU = Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2009;7:95-102.
- Wessels E., Botes W.C. Accelerating resistance breeding in wheat by integrating marker-assisted selection and doubled haploid technology. South African J. Plant Soil. 2014;31(1):35-43.
- Zhivoderova S.P., Arkhipova, N.A., Ivanova L.V. Spikelet reduction in spikes of winter wheat varieties dependent on plant stand density in the Orenburg Cis-Ural region. Izvestiya Orenburgskogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2009;22-2:37-39.
- Zielke R.A. The variability of the nature of inheritance of quantitative traits in winter common wheat depending on growing conditions. Sibirskiy Vestnik Selskokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Sciences. 1974;2:31-39.