

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), Sibirskaia 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 среднемноголетним. 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 Госсортсети 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 %.

Таблица 1. Варьирование количественных признаков у сортов пшеницы мягкой яровой различных групп спелости за годы исследования (пос. Краснообск)

Признак	Группа спелости ¹	2011	2012	2013	\bar{X}	НСР ²
Масса 1000 зерен, г.	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	
Масса зерна колоса, г.	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	
Число зерен колоса, шт.	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	
Число колосков колоса, шт.	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	
Период						
«всходы – колошение», дни	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	
«всходы – восковая спелость», дни	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	

¹ 1 – среднеранние и ранние, 2 – среднеспелые, 3 – среднепоздние; ² наименьшая существенная разница. * Различия между значениями достоверны на 95 % уровне значимости.

Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа, выполненного на основе данных оценки количественных признаков

Признак	Фактор	Группа					
		1		2		3	
		F	η	F	η	F	η
Число колосков в колосе	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
Масса 1000 зерен	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
Число зерен колоса	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
Масса зерна колоса	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 – фактор «год», B – фактор «генотип», A×B – взаимодействие факторов; F – критерий Фишера; η – вклад фактора в фенотипическое проявление признака, %; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Таблица 3. Сортообразцы пшеницы мягкой яровой различных групп спелости, характеризующиеся высокой выраженностью признаков для условий лесостепи Приобья

Сортообразец	Масса 1000 зерен		Масса зерна колоса		Число зерен колоса		Число колосков в колосе	
	\bar{X}	Cv, %	\bar{X}	Cv, %	\bar{X}	Cv, %	\bar{X}	Cv, %
Среднеранняя и ранняя группы спелости								
Ирень	28,8	20	0,82	35	27,7	22	14,6*	8
Ленинградская 97	29,3	24	0,91*	41	30,3*	19	15,3*	9
Новосибирская 31	28,5	24	0,81	50	27,0	28	15,2*	16
Росинка 1	29,8	22	0,95*	51	30,5*	33	15,2*	11
Тюменская 80	33,1*	28	0,83	40	24,1	17	13,0	10
Черемшанка	31,0	22	0,89*	41	27,7	20	15,3*	12
Энита	25,9	19	0,86	41	32,2*	24	16,1*	11
Среднее по группе	29,6		0,77		25,2		13,5	
НСР при $p < 0,05$	3,0		0,10		4,1		0,9	
Среднеспелая группа								
Альбидум 31	35,8*	23	0,81	48	21,6	27	11,0	12
Амир	25,8	17	0,77	31	29,9*	18	15,0*	8
АН-34	34,5*	14	0,90	38	25,6	24	14,5	11
Баганская 51	35,7*	15	1,08*	36	30,1*	25	16,1*	9
Бэль	29,0	24	0,83	43	27,6	22	16,1*	11
Диас 2	33,7	26	0,76	42	22,1	23	15,1*	9
Казахстанская 32	37,3*	13	0,78	43	20,2	30	13,0	9
Катюша	35,0*	27	0,94	44	25,9	21	13,1	10
Лада	30,5	19	0,96	34	30,6*	19	15,8*	10
Лютесценс 148	36,7*	18	0,84	34	22,6	18	13,2	7
Лютесценс 85	35,4*	24	0,92	54	24,8	32	13,8	9
Мариинка	35,1*	14	0,88	37	24,3	22	13,4	13
Омская 31	31,4	20	0,88	48	26,9	29	15,2*	7
Омская кормовая	38,3*	24	1,11*	57	27,3	36	13,5	15
Прохоровка	30,9	28	1,00*	48	31,2*	28	15,4*	16
Саратовская 62	35,4*	20	0,77	37	21,4	20	12,0	13
Серебрина	34,3*	25	0,84	46	23,7	26	13,9	14
Харьковская 22	35,6*	24	0,97*	45	26,1	22	13,5	10
Юлия	35,1*	22	0,94	44	25,7	22	12,5	9
Среднее по группе	31,3		0,81		25,1		13,7	
НСР при $p < 0,05$	2,7		0,15		4,4		1,2	
Среднепоздняя группа спелости								
Ишимская 98	36,0*	19	0,97	42	26,1	26	16,0*	10
Казахстанская 10	32,3	30	0,83	43	24,8	14	15,8*	12
Кинельская 60	35,6*	17	1,01	45	27,2	29	12,1	10
Омская 24	33,7	21	1,14*	37	32,9*	17	16,9*	5
Сибирская 12	30,2	17	0,82	29	26,7	13	16,6*	9
Сибирская 16	35,1	23	1,07*	35	30,0	14	15,9*	8
Шортандинская 95	37,8*	21	1,01	38	26,3	21	15,0	4
Среднее по группе	33,2		0,89		26,2		14,5	
НСР при $p < 0,05$	2,2		0,17		4,3		1,2	

* Значение достоверно превышает среднее по группе спелости за 3 года. Cv – коэффициент вариации.

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

Таблица 4. Результаты фенологических наблюдений за коллекционными образцами пшеницы мягкой яровой, выделившимися по количественным признакам

Сортообразец	Всходы – колошение, дни	Всходы – восковая спелость, дни	Колошение – восковая спелость, дни	Мучнистая роса, балл	Бурая ржавчина, балл	Засухо- устойчивость, балл
	\bar{X} 2011–2013	\bar{X} 2011–2013	\bar{X} 2011–2013	2013 г.	2013 г.	2012 г.
1-я группа спелости \bar{X}	42,2	75,4	33,2			
Ирень	42,3	75,3	33,0	7	3	5
Ленинградская 97	43,7	76,0	32,3	7	7	7
Новосибирская 31	41,7	76,0	34,3	3	3	5
Росинка 1	42,0	75,3	33,3	7	3	7
Тюменская 80	41,3	74,7	33,3	7	7	5
Черемшанка	42,3	75,0	32,7	7	7	7
Энита	42,0	75,3	33,3	9	5	7
2-я группа спелости \bar{X}	43,4	79,6	35,7			
Альбидум 31	42,7	78,7	36,0	3	9	5
Амир	42,7	79,0	36,3	7	9	7
АН-34	43,0	77,3	34,3*	5	7	7
Баганская 51	45,3*	78,7	33,3*	3	5	7
Бэль	43,0	79,0	36,0	5	3	3
Диас 2	44,0	79,7	35,7	5	5	7
Казахстанская 32	40,3*	76,7*	36,3	5	7	7
Катюша	44,3	79,3	35,0	5	5	7
Лада	44,7	79,3	34,7	5	7	7
Лютесценс 148	44,0	80,3	36,3	3	7	5
Лютесценс 85	42,7	80,7	38,0*	7	7	3
Мариинка	44,7	80,7	36,0	5	7	7
Омская 31	44,3	80,3	36,0	5	7	5
Омская кормовая	42,0	81,0	39,0*	3	7	5
Прохоровка	44,7	80,0	35,3	7	9	7
Саратовская 62	41,3*	80,7	39,3*	7	3	5
Серебрина	44,0	79,3	35,3	7	5	5
Харьковская 22	41,7*	81,3	39,7*	5	5	7
Юлия	45,3*	81,0	35,7	99	99	5
3-я группа спелости \bar{X}	46,1	84,6	38,5			
Ишимская 98	46,0	83,7	37,7	5	3	5
Казахстанская 10	45,0	83,3	38,3	5	3	5
Кинельская 60	47,3	85,3	38,0	5	7	7
Омская 24	46,0	85,0	39,0	5	3	7
Сибирская 12	46,3	84,7	38,3	5	5	7
Сибирская 16	46,3	84,7	38,3	7	3	5
Шортандинская 95	45,7	85,7	40,0	7	7	7
НСР при $p < 0,05$	1,5	2,4	1,7			

Устойчивость к мучнистой росе: 99 – признаки поражения отсутствуют, 9 – очень высокая, 7 – высокая, 5 – средняя, 3 – низкая, 1 – очень низкая; устойчивость к бурой ржавчине: 99 – признаки поражения отсутствуют, 9 – поражение менее 5 %, 7 – 6–10 %, 5 – 11–20 %, 3 – 21–50 %; 1 – более 50 %; засухоустойчивость: 9 – очень высокая, 7 – высокая, 5 – средняя, 3 – низкая, 1 – очень низкая. * Значение достоверно отличается от среднего по группе спелости.

(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.

Благодарности

Оценка сортов по продолжительности вегетационного периода, устойчивости к грибным болезням и засухоустойчивости проводилась в рамках госзадания по проекту №0324-2015-0005. Анализ количественных признаков и статистическая обработка результатов выполнены при финансовой поддержке гранта РФ №16-16-00011.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Андреева З.В. Доля генотипической и паратипической изменчивости урожайности зерна при испытании сортов мягкой яровой пшеницы в условиях Омской, Новосибирской, Томской областей и Алтайского края. Вестн. Новосибирского ГАУ. 2010; 3(15):9-13.
- 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.
- Баталова Г.А. Использование гибридизации и отбора в селекции голозерного овса. Зерновое хозяйство России. 2015;2:25-28.
- Вавилов Н.И. Селекция как наука. Теоретические основы селекции. М.: Наука, 1987.
- Ведров Н.Г., Халипский А.Н. Сравнительная оценка сортов яровой пшеницы западносибирской и восточносибирской селекции. Вестн. Красноярского ГАУ. 2009;7:95-102.
- Гагаринский Е.Л., Степанов С.А., Сигнаевский В.Д. Микроэволюция элементов продуктивности побега яровой мягкой пшеницы саратовской селекции. Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2015;13:171-181.
- Гончаров П.Л., Куркова С.В., Осипова Г.М. Реакция сортов яровой мягкой пшеницы на условия внешней среды в степной зоне Западной Сибири (Северная Кулунда). Достижения науки и техники АПК. 2013;1:5-7.

- Давыдова Н.В., Казаченко А.О. Особенности подбора исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья. Вестн. Алтайского ГАУ. 2013;5:5-9.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985.
- Драгавцев А.Г., Цильке Р.А., Рейтер Б. Г. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984.
- Живодёрова С.П., Архипова, Н.А., Иванова Л.В. Редукция колосков в колосе у сортов озимой пшеницы в зависимости от густоты продуктивного стеблестоя в условиях Оренбургского Предуралья. Изв. Оренбургского ГАУ. 2009;22-2:37-39.
- Исачкова О.А., Ганичев Б.Л. Вегетационный период сортообразцов голозерного овса в условиях северной лесостепи Кемеровской области. Достижения науки и техники АПК. 2012;10:26-29.
- Леонова И.Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013;17(2):314-325.
- Лихенко И.Е., Артёмова Г.В., Степочкин П.И., Сотник А.Я., Гринберг Е.Г. Генофонд и селекция сельскохозяйственных растений. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014;5:35-41.
- Лихенко И.Е., Зыбченко Д.П., Замиралова В.И. Формирование цензов пшеницы в засушливых условиях сибирской лесостепи. Достижения науки и техники АПК. 2014;3:44-46.
- Лубнин А.Н. Селекция мягкой яровой пшеницы в Сибири. Новосибирск: ООО ИПЦ «Юпитер», 2006.
- Маркелова Т.С. Результаты селекции озимой и яровой пшеницы на устойчивость к болезням в условиях Нижнего Поволжья. Аграрный научный журнал. 2015;4:26-27.
- 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.
- Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев В.Е., Филатенко А.А. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (Методические указания). Под ред. А.Ф. Мережко. Санкт-Петербург: ВИР, 1999.
- 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 международной научно-практической конференции. 2014:124-126.
- Обухова Е.О. Роль экологических факторов в формировании урожайности мягкой яровой пшеницы в условиях Канской лесостепи. Вестн. Хакасского государственного ун-та им. Н.Ф. Катанова. 2014;9:135-138.
- Пересыпкин В.Ф. Болезни зерновых культур. М.: Колос, 1979.
- Прохоренко К.С., Горяев Д.Ю., Дмитриев В.Е. Использование методов контрастных сроков посева при изучении нормы высева яровой пшеницы. Вестн. Красноярского ГАУ. 2007;3:84-87.
- Цильке Р. А. Изменчивость характера наследования количественных признаков у мягкой яровой пшеницы в зависимости от условий вегетации. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1974;2:31-39.
- Шиндин И.М. Наследование количественных признаков гибридами мягкой яровой пшеницы в условиях Дальнего Востока. Вестн. Красноярского ГАУ. 2008;4:66-70.
- 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
- 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
- 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.
- 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.