

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM DURUM* DESF.) НА СКОРОСПЕЛОСТЬ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Е. А. РОГОВЦОВА, Н. А. ДУКТОВА

In conditions of the Republic of Belarus we have created and estimated new gene complex of spring hard wheat. We have realized and examined hybridization of varieties of *Triticum durum* Desf. We have obtained valuable genotypes, which are adapted to the region conditions, have high productivity and quality of grain and meet the requirements of food industry. We have created valuable selection material for obtaining native competitive varieties of spring hard wheat. On the basis of conducted research we have developed theoretical bases for selection of spring hard wheat for Belarus: we have established correlation dependence of productivity and grain quality on meteorological factors in certain inter-phase periods of plant development; we have established variety peculiarities of reaction to changing environment, which should be taken into account when creating adaptable varieties; we have selected sources according to economically-valuable signs and given estimation of selections efficiency with spring hard wheat in Belarus

Ключевые слова: селекция, яровая твердая пшеница, скороспелость

В настоящее время твердая пшеница в условиях Беларуси не возделывается, в результате чего республика вынуждена закупать высококачественное зерно *Triticum durum* Desf., а также продукты его переработки (макаронные изделия, крупы, полуфабрикаты), поэтому создание отечественных сортов твердой пшеницы позволит решить проблему импортозамещения данного продукта, что, несомненно, является экономически выгодным. Цены на зерно твердой пшеницы на 30 % выше, чем на зерно мягкой, закупка его по импорту неустойчива. При общей годовой потребности Беларуси в 90-100 тыс. тонн сырьевого зерна твердой пшеницы закупка его обойдется в 25–28 млн. долл. США. По прогнозным расчетам уровень рентабельности возделывания семян твердой пшеницы уже при урожайности 40 ц/га составит 94%. При этом в республике необходимо всего 20–28 тыс. га посева

T. durum, это означает, что возможно ее размещение в наиболее благоприятных условиях, что, соответственно, дает основание ожидать и увеличения валового сбора зерна. В связи с этим, исследования, направленные на создание сортов пшеницы твердой, адаптированной к условиям Беларуси, являются актуальными.

Целью данной работы являлся отбор ценных сортообразцов яровой твердой пшеницы по скороспелости, урожайности и качеству зерна в условиях конкурсного сортоиспытания, перспективных для передачи в ГСИ. Работа была выполнена в 2008–2011 гг. в УО «БГСХА» при кафедре ботаники и физиологии растений, путем проведения полевых и лабораторных опытов и анализов. Полевые опыты закладывались на опытном поле «Тушково» в условиях питомника конкурсного сортоиспытания. Объектами исследования служили сортообразцы яровой твердой пшеницы, созданные методом внутривидовой гибридизации и экспериментального мутагенеза в 1998 и 2000 гг., полученные образцы прошли селекционное испытание в период с 2002 по 2008 гг.

Использование интродукции в процессе создания нового генофонда твердой пшеницы вызывает необходимость изучения реакции растений на изменившиеся факторы внешней среды. Изучение продолжительности отдельных фенологических фаз, всего вегетационного периода важно для выявления степени соответствия культуры или сорта определенным условиям, его экологической приспособленности, при этом необходим параллельный анализ агроклиматического фактора и их взаимодействия. В условиях Беларуси нужны скороспелые сорта. Созревание зерна у сортов с длинным вегета-

онным периодом заканчивается в середине августа, когда снижаются среднесуточные температуры воздуха и увеличивается количество осадков, это отрицательно сказывается на качестве зерна, кроме того, растения сильнее поражаются болезнями. Различающиеся метеорологические условия в годы исследования позволили всесторонне оценить фенологические особенности сортообразцов конкурсного испытания (таблица 1). Более скороспелыми были образцы, полученные с участием раннеспелых форм. При этом отмечено проявление реципрокных эффектов. Период вегетации был короче у сортообразцов, материнской формой которых являлся более раннеспелый сорт. В большинстве комбинаций проявляется промежуточный характер наследования признака скороспелости – у 8 из 11 сортообразцов продолжительность вегетации была дольше, чем у скороспелой, но короче, чем у более позднеспелой родительской формы. У двух сортообразцов отмечено сверхдоминирование более позднеспелого родителя – Л-8-00 (+4 и +2 дня в 2008 и 2009 гг. соответственно) и Л-17-98 (+2 и +3 дня). В итоге, изучаемые сортообразцы также были распределены на 2 группы спелости: скороспелые (Л-2-00, Л-4-00, Л-7-00, Л-11-98), среднеспелые (Л-1-00, Л-5-00, Л-8-00, Л-9-00, Л-15-98, Л-16-98, Л-17-98), позднеспелых образцов в питомнике не было. Различия между скороспелыми и среднеспелыми группами составили 8–10 дней.

Для эффективного возделывания сортов на фоне климатических особенностей Беларуси, важна не только длина вегетационного периода, но и длительность составляющих его фаз. В структуре вегетационного периода исходных сортов и сортообразцов характерных отличий не наблюдалось, но отмечены различия в прохождении фенологических фаз образцами различных групп спелости. Скороспелые образцы характеризуются сокращением фенофаз. Быстрое прохождение цветения и созревания наблюдалось и у всех среднепоздних сортообразцов, но для них характерно длительное кущение и формирование зерна. В целом, наиболее сильные различия между образцами проявлялись при формировании зерна и по длительности кущения; наименьшие – по появлению всходов и продолжительности цветения.

Для установления связи длины вегетации и средового фактора мы сравнили продолжительность фенофаз с агроклиматическими показателями по периодам (таблица 2).

Важным периодом, определяющим число стеблей на растении, является кущение – чем оно продолжительнее, тем больше побегов формируется. Отставание с кущением у пшеницы – явление нежелательное, т.к. оно ведет к запаздыванию в укоренении растений, отодвигая его у яровых форм на более засушливый период. Поэтому выбор сортов с коротким периодом всходы-кущение является весьма существенным. В наших исследованиях продолжительность периода всходы-кущение в среднем по сортам составила 12 дней, с варьированием от 9 дней в 2008 г. до 15 дней в 2009 г. Результаты корреляционного анализа (таблица 2) подтвердили зависимость длины данного периода от метеорологических условий: чем выше температура, тем быстрее наступает кущение ($r = -0,65$), но при условии достаточного запаса влаги в почве ($-0,57$). Кущение быстрее наступало у скороспелых сортообразцов (9-12 дн.), позже – у среднепоздних (10-17 дн.).

Таблица 1 Продолжительность вегетационного периода сортообразцов в КСИ

Сортообразец	Продолжительность вегетационного периода, дн.		
	2008	2009	среднее
Л-1-00	91	100	95,5
Л-2-00	88	97	92,5
Л-4-00	86	96	91
Л-5-00	92	100	96
Л-7-00	84	95	89,5
Л-8-00	92	99	95,5
Л-9-00	91	96	93,5
Л-11-98	90	98	94
Л-15-98	92	99	95,5
Л-16-98	93	98	95,5
Л-17-98	94	100	97
среднее	90	98	94
HCP_{05}	1,3	1,1	-

Таблица 2 Коэффициенты парных корреляций признаков (в среднем за 2008–2009 гг.), r

Показатели	Продолжительность межфазных периодов						Длина вегетационного периода
	всходы - кущение	кущение - колошение	колошение - цветение	цветение – молочн. спел.	молочн.спел.- восковая спел.	восковая спел.- полная спел.	
ср. сут. $t^{\circ}C$	-0,65	-0,44	-0,67	0,07	-0,46	-0,32	-0,63
Σ осадков	-0,57	0,27	0,38	0,76	0,27	-0,14	0,41

Схожие зависимости от температуры выявлены и в последующие периоды – кущение-колошение и колошение-цветение ($r = -0,44, -0,67$).

Зависимость продолжительности фенофаз от температуры актуальна и во второй половине вегетационного периода. В прохладных условиях вегетация затягивается. Наиболее толерантным к изменению среднесуточных температур является период цветение-молочная спелость ($r = 0,07$), но очень чувствителен к количеству осадков (0,76) – избыток их приводит к затягиванию цветения, ухудшаются условия оплодотворения, и тем самым, снижается продуктивность.

На продолжительность вегетации большее значение оказывает температурный режим ($r = -0,63$). Чем выше среднесуточная температура, тем быстрее растение достигает зрелости. К количеству осадков наиболее чувствительны периоды всходы-кущение ($-0,57$) и формирования зерна (0,76). Требовательным к теплу и влаге и отзывчивым на их изменение является период созревания зерна. Для *T. durum* при этом оптимальна сухая жаркая погода, позволяющая сформировать высококачественное зерно. При избытке осадков и пониженных температурах формируется щуплое зерно, снижается содержание белка и клейковины.

Адаптивный потенциал высших растений в современной интерпретации представляется как их способность к выживанию, воспроизведению и саморазвитию в постоянно изменяющихся условиях внешней среды за счет взаимосвязанного функционирования генетических программ адаптивности. Для сельскохозяйственных культур адаптивный потенциал выражается не только абсолютным уровнем устойчивости к неблагоприятным факторам среды, но и величиной реализации потенциальной продуктивности в этих условиях. Нами были проанализированы элементы структуры урожайности сортообразцов яровой твердой пшеницы в условиях питомника конкурсного сортоиспытания (таблица 3).

В среднем по сортообразцам продуктивная кустистость составила 1,4 стебля, с варьированием от 1,3 шт. (Л-2-00, Л-4-00, Л-7-00Л-9-00) до 1,6 шт. (Л-17-98). Продуктивная кустистость тесно коррелирует с количеством зерен и массой зерна с растения. Наибольший выход зерна с растения отмечен у сортообразцов мутантного происхождения Л-11-98, Л-15-98, Л-166-98, Л-18-98 – 1,90...2,08 г; а также образцов гибридного происхождения Л-1-00 и Л-7-00 – 1,98 и 1,93 г соответственно. В то же время, при снижении продуктивной кустистости повышается продуктивность главного колоса, на долю которого приходится наибольший вклад в урожайность. Как и следовало ожидать, более продуктивными являются среднеспелые сортообразцы, так как они имеют более продолжительную вегетацию и, как следствие, способны больше накапливать пластических веществ.

Нами также был проведен анализ парных корреляций элементов структуры урожайности сортообразцов твердой пшеницы (таблица 4).

Одним из факторов получения высокого урожая является повышение продуктивной кустистости у пшеницы. На этот признак оказывают влияние, как генотип, так и метеоусловия, что выражается в сильной изменчивости продуктивной кустистости по годам. В свою очередь, продуктивная кустистость коррелирует с числом и массой зерна с растения ($r = 0,81, 0,76$) – хорошо кустящиеся образцы формируют больше зерен, но они легковесны ($r = -0,24$). Нами отмечена связь продуктивности отдельного растения с урожайностью ($r = 0,65$), причем наибольший вклад приходится на долю главного колоса ($r = 0,76$). Плотность колоса зависит от длины колосового стержня и количества колосков в колосе. В наших исследованиях эти признаки коррелируют средне (0,64). Установлено, что на плотность колоса в большей степени влияет его длина ($r = -0,57$), нежели число колосков в нем ($r = 0,25$). Основной вклад в формирование продуктивности растения вносит масса зерна главного колоса ($r = 0,76$). Выявлена тесная корреляция между массой зерна главного колоса и с растения ($r = 0,66$).

Таблица 3 Характеристика сортообразцов твердой пшеницы в КСИ (среднее за 20082010 гг.)

Сортообразец	Высота растения, см	Продуктивная кустистость, шт.	Главный колос			Масса зерна с растения, г
			длина, колоса, см	число зерен, шт.	масса зерна, г	
Л-1-00	85,0	1,4	6,1	29,3	1,45	1,98
Л-2-00	87,0	1,3	6,2	28,9	1,43	1,89
Л-4-00	92,7	1,3	6,4	30,8	1,35	1,53
Л-5-00	96,2	1,4	6,2	27,8	1,33	1,88
Л-7-00	91,7	1,3	6,1	26,9	1,17	1,93
Л-8-00	92,1	1,4	6,3	28,9	1,35	1,44
Л-9-00	88,7	1,3	6,2	25,7	1,19	1,53
Л-11-98	95,0	1,5	6,2	28,7	1,55	2,08
Л-15-98	95,8	1,5	6,9	32,5	1,59	1,92
Л-16-98	94,1	1,4	6,6	30,2	1,45	1,90
Л-17-98	90,8	1,6	6,7	30,6	1,54	2,04
Среднее	91,8	1,4	6,3	29,1	1,40	1,83

Таблица 4 Коэффициенты парных корреляций признаков сортообразцов твердой пшеницы, r

Признаки	X 1	X 2	X 3	X 4	X 5	X 6	X 7	X 8	x9	X10
X1 Продуктивная кустистость	1									
X2 Высота растения	0,10	1								
X3 Длина главного колоса	0,37	0,09	1							
X4 Количество колосков	0,31	0,10	0,64	1						
X5 Плотность колоса	-0,14	0,00	-0,57	0,25	1					
X6 Число зерен главного колоса	0,30	0,12	0,52	0,53	-0,09	1				
X7 Масса зерна главного колоса	0,25	0,14	0,45	0,44	-0,09	0,86	1			
X8 Число зерен с растений	0,81	0,10	0,49	0,44	-0,14	0,63	0,57	1		
X9 Масса зерна с растений	0,76	0,13	0,47	0,40	-0,15	0,76	0,66	0,94	1	
X10 Масса 1000 зерен	-0,24	0,23	0,03	-0,05	-0,01	-0,06	0,34	-0,04	0,19	1
X11 Урожайность	0,35	0,68	0,45	0,55	0,18	0,60	0,76	0,59	0,65	0,43

Таблица 5 Характеристика сортообразцов яровой твердой пшеницы (среднее за 2008 – 2010 гг.)

Сортообразец	Полевая всхожесть, %	Сохраняемость к уборке, %	Масса зерна одного колоса, г	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Урожайность, ц/га
Л-1-00	80,5	62,1	1,66	332,0	45,4
Л-2-00	76,0	73,5	1,44	310,9	42,6
Л-4-00	78,5	56,6	1,19	287,2	33,7
Л-5-00	78,0	67,7	1,37	352,5	45,9
Л-7-00	76,0	67,8	1,49	315,0	44,1
Л-8-00	78,0	66,1	1,09	337,3	36,8
Л-9-00	77,0	74,6	1,18	371,0	42,6
Л-11-98	76,0	61,1	1,43	319,9	45,3
Л-15-98	79,5	61,5	1,33	350,0	45,2
Л-16-98	81,0	63,6	1,41	344,3	47,3
Л-17-98	78,0	58,4	1,34	345,5	45,7
Среднее	78,1	64,8	1,34	333,3	43,1
НСР ₀₅				38,1...46,8	1,1...1,3

В конкурсном испытании основным критерием оценки является урожайность (ц/га). Урожайность образцов в среднем за годы исследования составила 43,1 ц/га, с варьированием от 33,7 ц/га (Л-4-00) до 47,3 ц/га (Л-16-98) (таблица 5).

Более высокоурожайными оказались образцы среднеспелой группы, высокая урожайность которых обусловлена густотой стеблестоя (330...500 шт./м²) и высокой продуктивностью растения (1,3...1,9 г). Высокая урожайность сортообразца Л-9-00 (42,6 ц/га) обусловлена высокой сохраняемостью растений к уборке (74,6 %) и, как следствие, большей густотой продуктивного стеблестоя (371 шт./м²). В то время как у сортообразцов Л-1-00 (45,4 ц/га) и Л-7-00 (44,1 ц/га) формирование урожайности происходило главным образом за счет высокой продуктивности отдельного колоса (1,66 и 1,49 г), при средних показателях сохраняемости (62...68 %) и густоты продуктивного стеблестоя (315...332 шт./м²).

У самых урожайных образцов Л-5-00 (45,9 ц/га), Л-1-00 (45,4 ц/га), и образцов мутантного происхождения Л-15-98 (52,6 ц/га), Л-16-98 (53,7 ц/га) и Л-17-98 (45,7 ц/га) урожайность обеспечивалась одновременно высокой густотой стеблестоя (345-398 шт./м²) и высокой массой зерна продуктивного колоса (1,33...1,41 г).

Основным направлением использования твердой пшеницы является макаронное и крупяное производство, поэтому при селекции особое место принадлежит показателям качества зерна, характеризующим пригодность его к промышленному использованию. Зерно *T. durum* должно быть стекловидным (более 88 %), с содержанием сырого белка не ниже 14 %, клейковины – 30%, масса 1000 зерен – не менее 30 г. Из данных таблицы 6 следует, что все сортообразцы, испытываемые в питомнике конкурсного сортоиспытания по показателям качества соответствуют требованиям, предъявляемым к продовольственному зерну *T. durum*.

Основным показателем крупности зерна является масса 1000 зерен. В среднем по питомнику масса 1000 зерен равнялась 46,8 г, с варьированием от 42,6 г (Л-4-00) до 51,5 г (Л-11-98). Стекловидность зерна характеризует консистенцию эндосперма. Существует прямая связь между стекловидностью и содержанием белка, стекловидное зерно характеризуется и лучшими технологическими свойствами. Твердая пшеница имеет более высокую стекловидность, чем мягкая – в среднем на 20-30 %. В наших исследованиях стекловидность по питомнику составила 95,0 %, с варьированием от 93 % (Л-2-00) до

97,5 % (Л-11-98 и Л-15-98). Наибольшее содержание сырого белка и сырой клейковины отмечены у сортообразцов мутантного происхождения Л-11-98 – 16,2 и 42,1 %, Л-15-98 – 15,8 и 41,5 % и Л-16-98 – 15,2 и 39,3 %. В среднем по питомнику содержание сырого белка составило 15,0 %, клейковины – 38,7 %, что на 1,0 и 8,7 % выше минимальных требований ГОСТа.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать вывод, что при селекции яровой твердой пшеницы на скороспелость в качестве материнской формы следует использовать раннеспелый сорт. Выявлены отличия в структуре вегетации образцов яровой твердой пшеницы различных групп спелости – чем более позднеспелый образец, тем дольше у него период кущения, более позднеспелые образцы характеризуются и наибольшей продолжительностью генеративного периода. Продолжительность вегетации зависит от метеорологических факторов: в прохладных и влажных условиях вегетация затягивается; длительность цветения практически не зависит от температуры ($r=0,07$), но чувствительна к осадкам (0,76) – избыточное увлажнение затягивает цветение; для формирования зерна с высокими показателями качества оптимальна сухая жаркая погода в период созревания. В селекции яровой твердой пшеницы на скороспелость следует уделять внимание образцам, относящимся к среднеспелой группе (продолжительность вегетации 90–100 дней), которые формируют урожайность 44...47 ц/га, что обусловлено высокой продуктивностью растения (1,3...1,9 г) и густотой продуктивного стеблестоя (330...500 шт./м²) и характеризуются высокими показателями качества зерна.

Таблица 6 Показатели качества зерна образцов твердой пшеницы в КСИ (2008-2010 гг.)

Сортообразец	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Содержание, %	
			сырого белка	клейковины
Л-1-00	46,8	93	14,7	37,4
Л-2-00	50,3	93	14,2	37,1
Л-4-00	42,6	93,5	14,6	36,3
Л-5-00	45,1	94,5	14,8	37,5
Л-7-00	44,7	94,5	14,4	38,6
Л-8-00	43,2	96,5	15,0	38,2
Л-9-00	44,6	96,5	15,0	40,2
Л-11-98	51,5	97,5	16,2	42,1
Л-15-98	50,2	97,5	15,8	41,5
Л-16-98	47,0	94,5	15,2	39,3
Л-17-98	49,2	94,5	15,0	37,5
<i>Среднее</i>	<i>46,8</i>	<i>95,0</i>	<i>15,0</i>	<i>38,7</i>