

УДК 575:631. 527:633.

М.А. Есимбекова*, К.Б. Мукин, М.Ш. Сулейменова

Казахский НИИ земледелия и растениеводства,
Республика Казахстан, пос. Алмалыбак, Алматинская область

*E-mail: minura.esimbekova@mail.ru

Дифференциация генофонда озимой мягкой пшеницы по продуктивности – продукционный процесс

В статье приведены данные изменчивости морфофизиологических показателей у высокопродуктивных перспективных линий и форм генофонда озимой мягкой пшеницы. В результате исследований выделены наиболее информативные морфофизиологические показатели, которые могут быть использованы для дифференциации генотипов по степени продуктивности. Для селекции на высокий уровень продуктивности предпочтение следует отдавать формам с оптимальной ассимиляционной поверхностью листьев и высокой активностью фотосинтетического аппарата. Максимальная хозяйственная продуктивность и адаптивность возможны только на основе повышения фотосинтетической продуктивности. В качестве источников рационального распределения ассимилятов в зерно и повышенной фотосинтетической активности флагового листа предложены формы с интенсивным типом продукционного процесса, формы с полунтенсивным типом продукционного процесса для повышения ассимиляционной поверхности флагового листа.

Ключевые слова: пшеница, физиология продуктивности, генофонд, селекция.

M.A. Yessimbekova, K.B. Mukin, M.Sh. Suleymenova

Differentiation of winter wheat gene pool in terms of productivity – the production process

The article presents data variability of morphological parameters in highly promising lines and forms of the soft winter wheat gene pool. As a result, it was marked the most informative morphological parameters, which can be used to differentiate genotypes degree of productivity. For selection, a high level of productivity should be preferred forms with optimal assimilation surface of the sheet and the high activity of the photosynthetic apparatus. Maximum economic efficiency and adaptability are possible only based on photosynthetic productivity increase. As sources of assimilates rational allocation in grain and increased photosynthetic activity of flag leaf shapes offered intensive type of production process. The forms of semi intensive production process proposed to improve the assimilation surface of the flag leaf.

Key words: wheat, productivity, physiology, gene pool, breeding.

М.А. Есімбекова, К.Б. Мукин, М.Ш. Сүлейменова

Өнімділігі бойынша күздік жұмсақ бидайдың гендік қорын жіктеу – өнімдік процесі

Мақалада күздік жұмсақ бидай гендік қорының болашағы зор, өнімділігі жоғары үлгілер мен тізбектердің морфофизиологиялық өзгергіштік көрсеткіштері жарияланған. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде өнімділік дәрежесі бойынша генотиптерді жіктеуге мүмкіндік беретін ақпаратты морфофизиологиялық көрсеткіштер іріктелді. Формалар – жапырақтарының оңтайлы ассимиляциялық жабынымен және фотосинтетикалық аппараттың жоғары белсенділігімен көздер бөлініп алынды. Жоғары өнімділікке бағытталған селекция үшін жапырақ алақанының ассимиляциясы және фотосинтетикалық аппаратының белсенділігі жоғары үлгілер құнды, себебі өнімділік және бейімділік фотосинтетикалық өнімділікті көтеру нәтижесінде ғана мүмкін. Зерттеу нәтижесінде мұндай үлгілер іріктеліп ұсынылған.

Түйін сөздер: бидай, өнімділік, физиология, гендік қор, селекция.

Введение

В настоящее время селекционный процесс трансформируется от экстенсивного к интенсивному этапу, который связан с совершенствованием генетической структуры и функции фотосинтетического аппарата с целью повышения его активности. Успех селекции растений при выведении высокопродуктивных и устойчивых к экстремальным условиям внешней среды сортов и гибридов сельскохозяйственных культур зависит от знания общих законов фотосинтетической деятельности. Необходима достоверность и полнота информации о признаках, которые на определенном этапе селекционного процесса выполняют главную роль и требуют проведения тесных взаимосвязанных исследований селекционеров и физиологов. Селекция может плодотворно развиваться только в том случае, когда селекционер будет вооружен знаниями работ физиологов и других смежных специальностей. Селекция ставит перед собой совершенно конкретную задачу овладеть этапами формообразования строительным материалом для того, чтобы на основе его развертывать селекционную работу по созданию видов и форм для производства. При этом важным этапом работ должна быть широкая мобилизация генофонда сельскохозяйственных культур. Генетически обусловленное разнообразие популяций современных сортов пшеницы, обладающих различной активностью и многообразием норм реакций отдельных биотипов, дает возможность проведения целенаправленного отбора фенотипов с желаемыми признаками из исходного генофонда. Для оценки материала по фотосинтетической деятельности необходимы критерии, удовлетворяющие следующим требованиям: высокая значимость для формирования урожая и относительная простота определения. В этой связи основными критериями при отборе форм, с желаемыми свойствами, прежде всего, являются признаки, характеризующие работу основных рабочих органов растений в период активного вегетирования, налива и уборки зерна – мощность фотосинтезирующего аппарата, уровень использования ФАР, степень образования общей биологической массы, уровень содержания зеленых пигментов особенно хлорофилла «а» [1- 10].

Материалы и методы

Исследования проведены на 27 перспективных высокопродуктивных формах озимой пше-

ницы отдела генофонда, каталогизированных в процессе изучения в виде признаковой физиологической коллекции (ФК) ТОО «КазНИИЗиР» МСХ РК.

Генетически обусловленный запрос колоса характеризует напряженность донорно-акцепторных отношений и, как правило, сдвигается в пользу высокопродуктивных сортов. Донорно-акцепторные связи между колосом и ассимиляционным аппаратом были оценены через: интегральную продуктивность фотосинтеза (ИПФ) – отношение урожая сухой биомассы растений (Убиол) к максимальной площади листьев (ПЛмакс): $ИПФ = Убиол/ПЛмакс$; удельную поверхностную плотность листа (УППЛ), характеризующую величину массы единицы площади листа в различные периоды вегетации растений: $УППЛ = Мл / ПЛ, г/дм^2$.

Запрос колоса на ассимиляты был оценен в фазу цветения через показатель распределения сухой биомассы в растениях, который дает представление об увеличении массы колоса относительно массы вегетативных органов (Мк.цветение/Мл.цветение).

В фазу колошения – цветения было определено отношение сухой массы колоса (Мк) к сухой массе листьев (Мл) и к сухой массе побега (Мп). Представление о работе листьев в период налива зерна было получено через отношение $Ск / Мл.цветение$, где Ск - абсолютный прирост колоса, отнесенный к сухой массе листьев в фазе цветения (Мл.цветение). Прирост сухой массы колоса за период налива был охарактеризован отношением сухой массы колоса в фазе восковой спелости или полной спелости (Мк.воск.спел.) к сухой массе колоса в фазе цветения (Мк.цветение) – $Мк.воск.спел./Мк.цветение$. Интенсивность налива колоса (ИНк) была определена через отношение величины абсолютного прироста колоса (Ск) к периоду налива (Т) в сутках: $Ск/Т, г/сут$.

В начале формирования зерна было определено отношение сухой биомассы жизнедеятельных листьев к отмершим листьям, что дало информацию о размерах, работающих листовых органов. (Мл.жизнедеят./Мл.отмерш.).

В фазе полной спелости были высчитаны абсолютные величины убыли массы стебля в процессе реутилизации (Рс): $Рс = Мс.макс. - М.с.полн. спел., г/раст.$ (разница между максимальной сухой массой стебля и сухой массой стебля в фазе полной спелости). Величины Рс, отнесенные к периоду налива (Т) в сутках, характеризо-

вали интенсивность реутилизации стебля: $Ирс = P_c / T$, г/сут.

Удельная зерновая продуктивность растений (УЗПР) была высчитана через отношение урожая зерна (Ухоз) к максимальной площади листьев (Плмакс) в расчете на растение и единицу площади посева: $(УЗПР = Ухоз/Плмакс, г/дм^2)$.

Реализацию потенциальных запросов колоса оценивали через коэффициент хозяйственной деятельности (Кхоз) показывающий долю хозяйственного урожая (Ухоз) в общем биологическом урожае сухой массы (Убиол): $Кхоз = Ухоз/Убиол$.

Результаты и их обсуждение

Высокий абсолютный прирост биомассы колоса (Ск) был характерен для всех номеров, которые по этому показателю превысили стандарт Прогресс. Максимальной величиной этого показателя был отмечен генотип ФК-16 – 7,76 (Ст.- 5,05), который был выделен также по высокому показателю интенсивности налива колоса – Инк (0,27) – главному признаку, характеризующему адаптацию растения (Ст.- 0,16).

Коэффициент прироста колоса, высчитанный в стадии восковой спелости по отношению к массе колоса во время цветения – $Мк.в.сп./Мк.цв.$, показывал реализацию потенциальных запросов колоса. По коэффициенту прироста колоса были выделены 2 формы – ФК-18 и ФК-17 показатели, которого (6,74 и 6,72 соответственно) были выше, чем у стандартного сорта Прогресс (3,49) запросы которого в фазе цветения были выше, чем у указанных линий.

В фазе молочно-восковой спелости, когда не только листья, но и колос уже не поставляет зерновкам ассимиляты, стебель наиболее активно осуществляет донорскую функцию, что было отмечено по убыли массы стебля в процессе реутилизации (P_c , $Ирс$). Наибольшей интенсивностью реутилизации веществ ранее накопленных стеблем был отмечен 1 номер ФК-14 -0,16 (Ст.- 0,12).

Интегральным показателем продуктивности фотосинтетической деятельности растений является уровень их биологического урожая. По величине биологического урожая (Убиол.) изучаемые линии ранжировались различно: достаточно высокий биологический урожай ($12,9 \text{ кг/м}^2$) показал генотип ФК-16, однако при большей массе биологического урожая отмечены как вы-

сокие, так и низкие хозяйственные урожаи. Так, генотип ФК-16, был относительно низко продуктивным по сравнению с линиями ФК-17, ФК-18, которые характеризовались более высокой урожайностью.

Показатель отношения массы зерна растения к массе листьев – $Мз./Мл.мак.$ наиболее четко дифференцировал генотипы по продуктивности. Формы ФК -17 и ФК -18, имевшие наивысшие показатели (4,32 и 4,79 соответственно) по этому признаку, имели высокую реализацию потенциальных запросов колоса: Ухоз – 6,67 и 6,72, коэффициент хозяйственного использования (Кхоз) был равен 0,52 и 0,53 соответственно.

Генотипы с наиболее рациональным соотношением роста вегетативных и репродуктивных органов имели большие величины Кхоз, который характеризует направленность синтетических процессов при формировании хозяйственной части урожая и является признаком характерным для более продуктивных генотипов озимой пшеницы. Наибольший интерес для практической селекции в качестве источников высокой продуктивности представляли генотипы ФК-15, ФК-18, ФК-17, имеющие высокую корреляционную связь Ухоз и Кхоз с основными показателями фотосинтетической деятельности ($r=0,5-0,7$). Выделенные линии развивали наибольшую площадь листьев и фотосинтетический потенциал, создающий достаточно высокий биологический урожай.

В результате проведенных исследований были выделены наиболее информативные морфофизиологические показатели, которые могут быть использованы для дифференциации генотипов по степени продуктивности:

- 1) площадь ассимиляционного аппарата – $Пл.макс.$;
- 2) признаки, характеризующие донорно-акцепторные отношения:
 - реализация потенциальных запросов колоса – $Мк.в.сп./Мк.цв.$;
 - отношение массы зерна к массе листьев – $Мз./Мл.мак.$;
 - чистая продуктивность фотосинтеза – $Фч.пр.$;
 - высокий абсолютный прирост биомассы – $Ск.$
- 3) интегральные показатели:
 - величина биологического урожая – $Убиол.$;
 - коэффициент хозяйственного использования – $Кхоз.$

Направленная на высокую продуктивность селекция растений, прежде всего, связана с реализацией новых идей по изучению ее морфофизиологического типа. Трудно переоценить в этой связи комплексное изучение взаимосвязи усвоения солнечной радиации и роста растений с продукционным процессом, основанным на теории фотосинтетической продуктивности, особенностях биологического потенциала культур.

У 9 высокопродуктивных образцов озимой мягкой пшеницы селекции КазНИИЗиР был изучен продукционный процесс. Изучаемые формы были отнесены к трем типам продукционного процесса: интенсивному, полу интенсивному, экстенсивному.

- Интенсивный тип продукционного процесса

Для форм с интенсивным типом продукционного процесса (ФК-1, ФК-2, ФК-3, ФК-4) была характерна высокая масса зерна главного колоса и растения на фоне не очень большого биологического урожая, чему способствовало более рациональное распределение ассимилятов в зерно. Ассимиляты, идущие в зерно, образовывались за счет высокой активности фотосинтетического аппарата верхней части побега (в т.ч. флага) на фоне небольшой общей ассимиляционной поверхности. Основным фактором продуктивности форм с интенсивным типом продукционного процесса явилась высокая активность фотосинтетического аппарата.

- Полу интенсивный тип продукционного процесса

Линии с полу интенсивным типом продукционного процесса (ФК-5, ФК-6, ФК-7, ФК-8) в отличие от растений интенсивного типа имели ограниченную направленность ассимилятов в зерно: доля хозяйственного урожая (Кхоз) в общем биологическом у них ниже. У этих форм наблюдали более высокую ассимиляционную поверхность листьев особенно флагового листа, однако интенсивность фотосинтеза, запрос колоса на ассимиляты были несколько ниже, чем у растений 1 группы. Реализация запроса колоса на ассимиляты соответствовала запросу: при более низком запросе колоса была низкой и его реализация (ФК-5, ФК-8). В случае формы ФК-6 наблюдали и довольно высокий запрос колоса на ассимиляты и высокую его реализацию, но направленность процессов накопления биомассы в данном случае была сдвинута, в сторону биологического урожая: Кхоз более низкий чем

у форм интенсивного типа. У формы ФК-7 при довольно высоком запросе колоса на ассимиляты реализация его была низкой.

- Экстенсивный тип продукционного процесса

К третьей группе растений экстенсивного типа была отнесена одна форма (ФК-9) озимой пшеницы с чрезмерно большой ассимиляционной поверхностью листьев и самой низкой интенсивностью фотосинтеза. Доля хозяйственной части в общем биологическом урожае была низка из-за малой направленности процессов ассимиляции в пользу хозяйственной части урожая. Величина ассимиляционной поверхности выступила фактором лимитирующим продуктивность. Необоснованно большой размер листового аппарата ведет к снижению величины продуктивности фотосинтеза, из-за затенения листьев нижних ярусов и соответственно снижения уровня усвоения лучистой энергии ФАР, а также в дальнейшем снижения доли участия их в продукционном процессе и в конечном итоге их функционировании. Поэтому в формировании наивысшей хозяйственно-ценной части урожая озимой пшеницы – зерна, важная роль отводится оптимальной по размерам площади ассимиляционного аппарата. В тоже время формы имеющие площадь фотосинтезирующего органа ограниченного размера, также не могут образовывать высокие урожаи, т.к. величина коэффициента полезного поглощения и усвоения солнечной радиации резко падает, что ведет к торможению скорости продукционного процесса и аккумуляции ее в сухом биологическом урожае, таблица 1.

На рисунке 1 представлены усредненные показатели продуктивности у форм с различным типом продукционного процесса в разрезе работы флагового листа. Изученные показатели, принятые за 100%, по форме, отнесенной к экстенсивному типу – ФК-9, позволили оценить процентное соотношение по отдельным морфофизиологическим показателям между формами с различными типами продукционного процесса. У форм с экстенсивным типом продукционного процесса на 24-29% были увеличены размеры ассимиляционной поверхности, что при более низком (на 12-20%) запросе колоса по сравнению с формами полу интенсивного и интенсивного типа соответственно привело к более высокому биологическому урожаю (+5-14).

Таблица 1 – Характеристика форм признаковой физиологической коллекции по типам продукционного процесса

Формы	АП, дм2		ИФ набл. макс.		Мк. цв./ Мл. цв.		Мк. в.сп/ Мк. цв.		М1000з, г. абс. сух.		Число зерен с колоса		Масса зерна с ко- лоса, г. абс. сух.		Масса зерна с растен., г. абс. сух.		Масса растен. У биол. г., абс. сух.		К хоз. эффект., Кхоз, %		
	флага	листа	флаг	лист	флаг	лист	флаг	лист	флаг	лист	флаг	лист	флаг	лист	флаг	лист	флаг	лист	флаг	лист	
1. Интенсивный тип ПП																					
ФК-1	0,25	0,18	21,8	20,2	1,42	1,29	3,13	3,13	38,25	38,25	42,88	40,52	1,64	1,55	11,66	11,63	23,87	24,58	50,3	48,8	
ФК-2	0,23	0,2	20,9	20,1	1,28	1,15	3,25	3,2	39	38,5	44,84	42,34	1,75	1,63	8,73	8,97	17,89	18,69	48,8	48	
ФК-3	0,21	0,18	20,7	18,97	1,34	1,29	3,6	3,4	41,24	40,42	40,04	38,84	1,65	1,57	8,1	8,16	16,43	17	49,3	48	
ФК-4	0,3	0,25	19,4	20,72	1,24	1,3	3,6	3,75	42,97	44,7	44,8	44,52	1,93	1,99	11	10,95	23,04	22,28	49	50,5	
2. Полу-интенсивный тип ПП																					
ФК-5	0,28	0,23	21,29	21,77	1,18	1,03	2,92	2,97	40,2	41,3	42,8	43,8	1,72	1,81	7,88	8,38	17,95	19,44	43,9	43,1	
ФК-6	0,29	0,21	20,35	21,29	1,31	1,34	3,76	3,8	38,3	39,6	48,24	47,72	1,85	1,89	9,03	9,64	20,58	20,96	45,7	46	
ФК-7	0,24	0,2	19,73	19,43	1,26	1,29	2,8	2,69	34,95	34,57	40,36	40,21	1,41	1,39	8,74	9,04	19,32	20,9	45,2	45	
ФК-8	0,24	0,21	17,42	17,42	1,18	1,21	2,63	2,7	38,94	40	44,52	45,5	1,74	1,82	5,92	6,37	15,22	15,6	41,2	43	
3. Экстенсивный тип ПП																					
ФК-9	0,35	0,25	15,82	16,71	1,1	1,06	3,7	3,56	39,49	40	39,92	41	1,58	1,64	8,98	9,21	21,3	21,87	42,2	42,1	

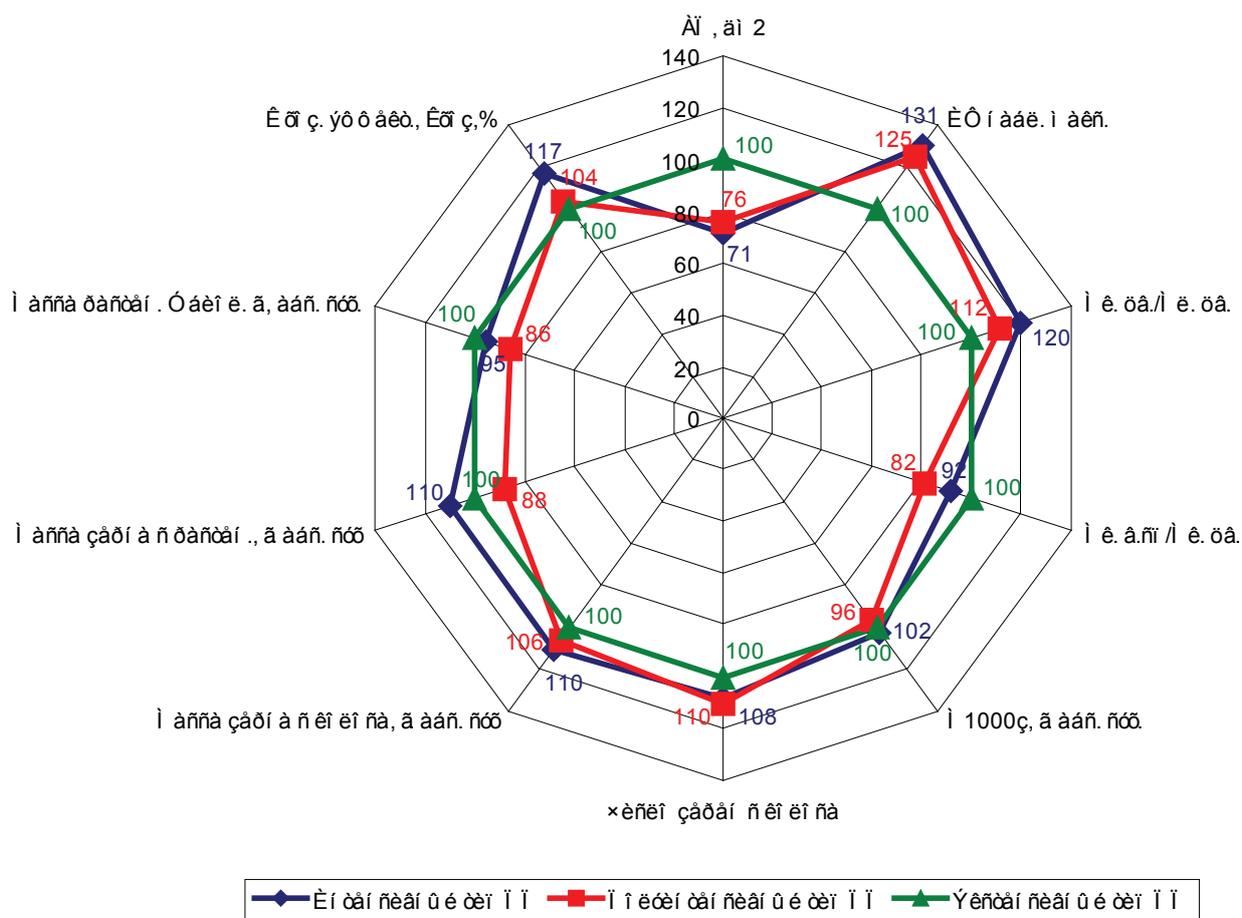


Рисунок 1 – Показатели продуктивности у форм с различным типом продукционного процесса (флаговый лист)

Таким образом, для селекции на высокий уровень продуктивности предпочтение следует отдавать формам с оптимальной ассимиляционной поверхностью листьев и высокой активностью фотосинтетического аппарата, поскольку максимальная хозяйственная продуктивность и адаптивность возможны только на основе повышения фотосинтетической продуктивности. Четыре формы (ФК-1-4) с интенсивным типом

продукционного процесса предложены для использования в программах скрещивания в качестве источников рационального распределения ассимилятов в зерно и повышенной фотосинтетической активности флагового листа. Формы – ФК-5-8, с полу интенсивным типом продукционного процесса предложены для селекции на повышение ассимиляционной поверхности флагового листа.

Литература

- 1 Reynolds M., Foulkes J., Slafer G.A., Berry P., Parry M.J., Snape J.W., Angus W.J. Raising yield potential in wheat//Journal of Experimental Botany.- 2009.- V.60.-P.1899-1918.
- 2 Reynolds M.P., Manes Y., Izanloo A., Langridge P. Phenotyping approaches for physiological breeding and gene discovery in wheat//Annals of Applied Biology.- 2009.-V.155.-P.309-320.
- 3 Zhu XG., Long S.P., Ort D.R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield//Annual review of plant biology.- 2010.- V.61.- P.235-261.
- 4 Pedro A., Savin R., Habash D.Z., Slafer G.A. Physiological attributes associated with yield and stability in selected lines of a durum wheat population//Euphytica.- 2011.-V.180.- P.195-208.
- 5 Reynolds M.P., Bonnett D., Chapman S.C., Furbank R.T., Manes Y., Mather D.E., Parry M.A.J. Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies//J. Expt Botany.- 2011.- V.62.- №2.-P.439-452.

- 6 Parry M.A.J., Reynolds M, Salvucci M.E., Raines C., Andralojc P.J., Zhu X.G., Price G.D, Condon A.G., Furbank R.T. Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency// J. Exp. Bot.- 2011.-V 62.- №2.-P.453-467.
- 7 Reynolds M.P., Foulkes M.J., Furbank R., Griffiths S., King J., Murchie M., Parry M., Slafer G. Achieving yield gains in wheat//Plant Cell Enviorn.- 2012.-V.35.-P.1799–1823.
- 8 Pask A., Joshi A.K., Manès Y., Sharma I., Chatrath R., Singh G.P., Sohu V.S., Mavi G.S., Sakuru V.S.P., Kalappanavar I.K., Mishra V.K., Arun B., Mujahid M.Y., Hussain M., Gautam N.R., Barma N.C.D., Hakim A., Hoppitt W., Trethowan R., Reynolds M.P. A wheat phenotyping network to incorporate physiological traits for climate change in South Asia//Field Crops Research.- 2014.- V.168.- P. 156-167.
- 9 Guillermo A. García, Román A. Serrago, Fernanda G. González, Gustavo A. Slafer, Matthew P. Reynolds, Daniel J. Miralles Wheat grain number: Identification of favourable physiological traits in an elite doubled-haploid population//Field Crops Research.- 2014.- V.168.- P.126-134.
- 10 Oorbessy Gaju, Matthew P. Reynolds, Debbie L. Sparkes, Sean Mayes, Gracia Ribas-Vargas, José Crossa, M. John Foulkes Relationships between physiological traits, grain number and yield potential in a wheat DH population of large spike phenotype//Field Crops Research.-2014.-V.164, №1.-P.126-135.