

УДК: 633.111.1"321":631.523.4:631.524.02(571.1)

ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПРИЗНАКУ «ЧИСЛО ПАДЕНИЯ»

© 2016 П.Н. Мальчиков¹, М.А. Розова², Е.Н. Шаболкина¹, М.Г. Мясникова¹,
А.И. Зиборов², И.В. Фомина³, Т.В. Чахеева¹

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н. М. Тулайкова,
пгт Безенчук, Самарская область

² Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Барнаул

³ ЗАО «КУРГАНСЕМЕНА», г.Курган

Статья поступила в редакцию 13.12.2016

Число падения (ЧП) показывает уровень активности альфа-амилазы в зерне, муке, шроте, входит в перечень параметров всех международных стандартов качества и тесно связано с устойчивостью к предуборочному прорастанию зерна (УкПП). Чем выше ЧП, тем выше оценивается качество зерна. Снижение уровня ЧП, скрытое или видимое предуборочное прорастание (ПП) происходит под влиянием неблагоприятных условий, - дождливой, прохладной погоды в период созревания зерна. Селекция устойчивых к ПП зерна, стабильно удерживающих высокие значения ЧП сортов,- основой путь повышения ЧП и УкПП в коммерческих посевах пшеницы. Поиск и идентификация в условиях Среднего Поволжья генотипов твердой пшеницы с высокими и стабильными значениями ЧП, - актуальная исследовательская задача. Решение этой задачи цель настоящего исследования. Объектами исследований были две группы сортов. Первая представлена сортами конкурсного сортоиспытания Самарского НИИСХ. Вторая группа, включала сорта разных этапов селекции в России и селекционных линий нескольких лабораторий из разных учреждений. Сорта изучены в многолетних экспериментах в условиях Самарского НИИСХ и в условиях учреждений соисполнителей (пункты Курган, Барнаул). Для определения эффектов сортов, условий среды и их взаимодействия, при формировании величины ЧП, применялся двухфакторный дисперсионный анализ. В результате проведенных исследований в качестве исходного материала в селекции на высокое значение ЧП предлагаются сорта Самарского НИИСХ – 1368Д-18 и Безенчукская золотистая. Среди западно-сибирских сортов для реализации этого направления селекции целесообразно использовать Омский корунд, Памяти Янченко, Омский изумруд и Оазис. Учитывая, что генотипы 1368д-18 и Безенчукской золотистой включают 50,0% наследственности сорта «Памяти Чеховича», выделившегося в многолетних испытаниях в условиях Самарского НИИСХ стабильностью и высокими значениями ЧП, этот сорт можно отнести к генетическим донорам признака.

Ключевые слова: яровая трердая пшеница, число падения, сорта, эффекты, генотипы, международные стандарты качества, предуборочное прорастание зерна, селекция.

ВВЕДЕНИЕ

Высокая активность фермента альфа - амилазы в период созревания зерна приводит к видимому или скрытому предуборочному прорастанию (ПП) зерна. Проросшее в той или иной степени зерно имеет пониженное качество. Разрушение крахмала в процессе прорастания, приводит к потере стекловидности, снижается натуральный вес зерна, качество клейковины, происходит дегградация белка и других веществ,

ухудшаются технологические свойства [1,2]. Прорастание зерна приводит к накоплению свободного аспарагина, что небезопасно для здоровья человека [3]. Число падения (ЧП) – косвенный признак, отражающий активность фермента альфа – амилазы, определяется надёжным и простым способом на приборе Hagberg-Perten по скорости опускания штока – мешалки в суспензии муки. Чем выше значение ЧП,- тем ниже активность альфы-амилазы и наоборот. Возможности (чувствительность) прибора таковы, что даже без

Мальчиков Пётр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

Розова Маргарита Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции и семеноводства твердой пшеницы.

E-mail: mrosova@yandex.ru

Шаболкина Елена Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологического сервиса. E-mail: sagrs-mal@mail.ru
Мясникова Марина Германовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборато-

рии селекции яровой твердой пшеницы.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

Зиборов Андрей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, лабораторией селекции и семеноводства твердой пшеницы.

E-mail: mrosova@yandex.ru

Фомина Ирина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом селекции.

E-mail: fomina@kurgansetena.ru

Чахеева Тамара Вардеевновна, младший научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

видимых признаков прорастания зерна, например, у генотипов с высоким уровнем активности поздней альфа-амилазы (latematurity- α -amylase, LMA), наблюдается снижение показателей ЧП [4]. Зерно, мука, крупка оцениваются и классифицируются по ЧП в соответствии с существующими стандартами. В России, согласно ГОСТ 52554-2006, у зерна первого и второго класса ЧП должно быть не ниже 200 секунд, в Австралии и Канаде требования жестче, - 350 секунд и 400 секунд соответственно. В регионах Среднего Поволжья, Урала и Сибири в период созревания зерна твердой пшеницы нередко наблюдаются провоцирующие прорастание явления (дожди, росы, туман, холод). Определяющая роль в стабилизации этого параметра, при коммерческом производстве зерна, принадлежит возделыванию устойчивых к предуборочному прорастанию (УкПП) с высоким ЧП сортов [4]. В связи с этим селекция сортов устойчивых к ПП актуальная селекционно-исследовательская задача. Особенную значимость это направление имеет в селекции твердой пшеницы, что связано с белозёрностью всех коммерческих сортов этой культуры, генетически ассоциированной со склонностью к прорастанию. Цель настоящего исследования - поиск генотипов с высокими значениями и стабильностью ЧП в контрастных, в том числе в провоцирующих прорастание, условиях среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований были две группы сортов. Первая, сформированная из сортов конкурсного сортоиспытания, - изучена в многолетнем опыте (2009-2012, 2015 гг.) в условиях опытного поля Самарского НИИСХ. Вторая группа вклю-

чала сорта разных этапов селекции в России и селекционных линий нескольких лабораторий, изучалась в эколого - географическом эксперименте в пунктах: Безенчук (Самарский НИИСХ), Курган (ЗАО «Кургансемена»), Барнаул (Алтайский НИИСХ). В первом эксперименте изучено 12 сортов, во втором 29. Для определения эффектов сортов, условий среды и их взаимодействия при формировании величины ЧП, применялся двухфакторный дисперсионный анализ [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Многолетний эксперимент на базовом наборе сортов конкурсного сортоиспытания по определению эффектов генотипа, среды и их взаимодействия в формировании признака ЧП, показал противоречивые результаты (табл. 1, 2). На массиве данных этого набора сортов за 2008-2012 гг., при применении 2-х факторного дисперсионного анализа не выявлено влияния сорта на признак ЧП, значимыми были эффекты среды (годы) и взаимодействия генотип - среда (год). В то же время исключение из этого массива данных 2008 года и добавление данных 2015 года, позволили выявить высоко значимые эффекты всех, исследованных компонентов дисперсии. Влияние генотипа (вклад в дисперсию признака) возросло почти в семь раз. Однако и в этом модельном эксперименте условия среды на 64,5% определяли варьирование признака. В то же время различия между сортами в среднем за 6 лет изучения признака ЧП были в абсолютном выражении достаточно значительными (рис.1.). Между крайними вариантами они достигали 16,2%, - от 381,2 секунд у сортов Безенчукская 139 и Безенчукская 182, до 442,8 секунд у сорта Памяти Чеховича.

Таблица 1. Эффекты (SS), их значимость ($F_{кр}$) и доля (%) влияния генотипа, среды (годы) и их взаимодействия на признак «число падения» на базовых сортах конкурсного сортоиспытания, Безенчук, 2008-2012 годы

Факторы дисперсии	SS	$F_{кр}$	Доля в изменчивости, %
Генотип (A)	9243	0,79	2,4
Год (B)	352777	92,3*	89,9
Взаимодействие (A*B)	26593	414,3*	6,8
Суммарный эффект A+AB	35736	-	9,2
Ошибка (Z)	3890	-	0,9

Таблица 2. Эффекты (SS), их значимость ($F_{кр}$) и доля (%) влияния генотипа, среды (годы) и их взаимодействия на признак «число падения» на базовых сортах конкурсного сортоиспытания, Безенчук, 2009-2012, 2015 годы

Факторы дисперсии	SS	$F_{кр}$	Доля в изменчивости, %
Генотип (А)	66881	115.6*	16.0
Год (В)	269083	1162.5*	64.5
Взаимодействие (А*В)	77932	33.7*	18.7
Суммарный эффект А+АВ	144813	-	34.7
Ошибка (Z)	3305	-	0.8

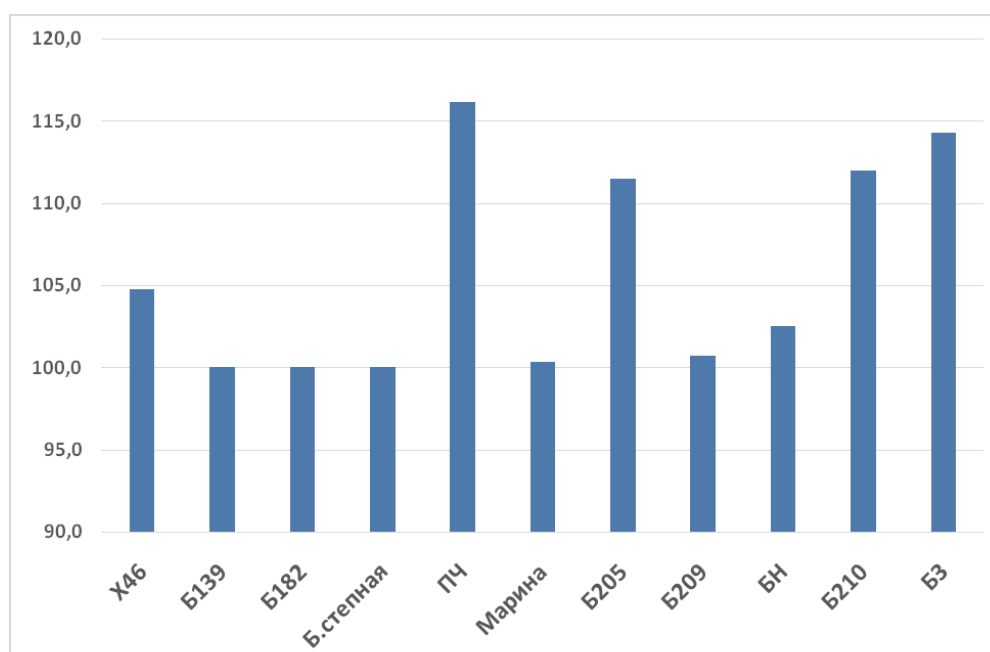


Рис. 1. Число падения в % к уровню Безенчукской 139, конкурсное сортоиспытание, Безенчук, 2008-2012, 2015гг. Сокращения: X – Харьковская; Б – Безенчукская; Н – Нива; З – Золотистая

Эти результаты наводят на мысль о возможности создания системы сортов с эффективным использованием генотип – средовых взаимодействий по признаку ЧП. Кроме того, высокие значения и стабильность признака у сортов Памяти Чеховича, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая и Безенчукская 205 свидетельствуют о возможности его эволюции по пути стабилизации высоких значений ЧП. Существенный селекционный успех здесь возможен при наличии адаптированных источников и доноров высоких значений ЧП. Среди исследуемого набора сортов к этой группе генотипов можно отчасти отнести

сорт Памяти Чеховича. Он адаптирован к условиям Среднего Поволжья, и с вкладом 50,0% входит в родословную лучших по ЧП сортов Безенчукская 210 и Безенчукская золотистая, т.е. имеет достаточный уровень наследуемости признака. Возможно, что это результат трансгрессии. Поиск сортов с высокими и стабильными значениями ЧП, являющихся результатом многолетней селекции в других учреждениях России, - актуальная задача. Теоретически можно предположить, что в разных учреждениях, в условиях относительной генетической изоляции, могли сформироваться оригинальные системы генов УкПП и высоких

значений ЧП. Цель второго эксперимента, - поиск таких генотипов и попытка проследить эволюцию изучаемого признака в процессе селекции в разных эколого-географических регионах страны. Изменения признака проанализированы на сортах, созданных в 2-х крупных регионах, - в Западной Сибири и в Поволжье, где селекцию твердой пшеницы ведут несколько учреждений. «Точкой» отсчёта был взят сорт «Харьковская 46», почти повсеместно районированный и один из лучших по комплексу признаков в 60-70 гг XX века. Дисперсионный анализ двухфакторного комплекса (пункт, сорт) выявил значимые эффекты исследуемых факторов и их взаимодействия (табл. 3).

Вклад условий среды (пункты) при формировании средних значений признака и в этом эксперименте был определяющим (60,2%). Вклад

генотипа (23,4%) оказался выше уровня генотип-средовых взаимодействий (14,9%), их суммарный эффект достиг 38,3%, что предполагает значительное разнообразие по признаку в исследуемом наборе сортов и перспективность отбора (идентификации) исходного материала для селекции. Лучшие условия для формирования высоких значений ЧП сложились в Барнауле (358,4 секунды) и в Безенчуке (352,8 секунды), провокационным был фон в Кургане (216,7 секунды). Как в Поволжье, так и в Сибири, на массиве данных полученных в трёх пунктах, отмечен положительный тренд признака в процессе селекции (рис. 2, 3).

В группе сортов из Поволжья признак ЧП варьировал от 88,5 % (Д2098-селекционная линия НИИСХ Юго-Востока) и до 157,5% (1368Д-18 – селекционная линия Самарского НИИСХ) к

Таблица 3. Эффекты (SS), их значимость ($F_{кр}$) и доля влияния (%) генотипа, среды (пункт) и их взаимодействия на признак «число падения» в эколого – географическом эксперименте (Безенчук – Курган – Барнаул).

Факторы дисперсии	SS	$F_{кр}$	Доля в изменчивости, %
Генотип (A)	289322	78,0*	23,4
Пункт (B)	744615	2595,1*	60,2
Взаимодействие (A*B)	184702	23,0*	14,9
Суммарный эффект A+AB	474024	-	38,3
Ошибка (Z)	17893	-	1,4

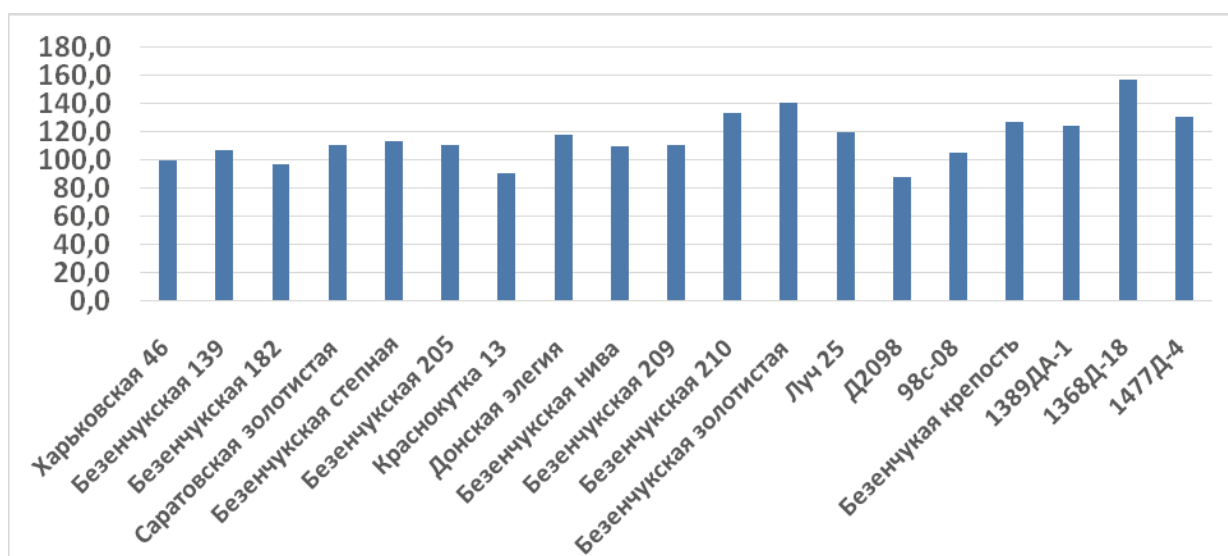


Рис. 2. Изменение признака ЧП в процессе селекции в НИИСХ Юго-Востока и Самарском НИИСХ (Поволжье), в % от сорта «Харьковская 46», в эколого – географическом эксперименте (Безенчук – Курган – Барнаул).

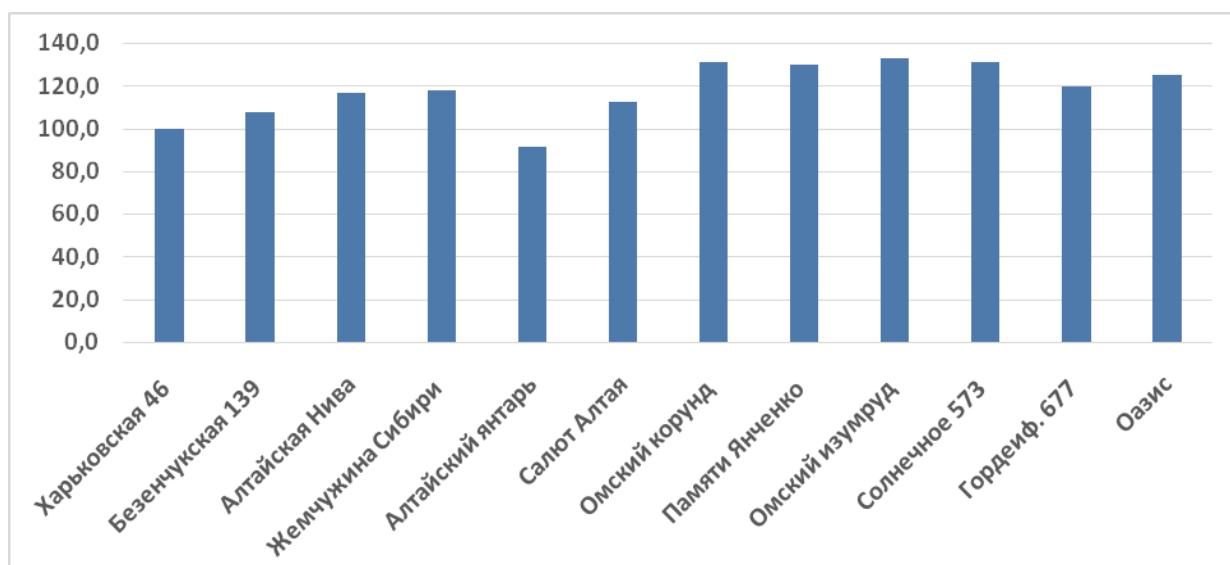


Рис. 3. Изменение признака ЧП в процессе селекции в Западной Сибири (Алтайский НИИСХ, Сибирский НИИСХ), в % от сорта «Харьковская 46», в эколого – географическом эксперименте (Безенчук – Курган – Барнаул)

уровню Харьковской 46. Существенный прогресс наблюдался в группе сортов и селекционных линий, созданных в последний период в Самарском НИИСХ (табл. 4). В среднем по всем пунктам первые четыре места по величине ЧП (абсолютные значения 344,7 - 414,7 секунд с превышением среднепопуляционного значения от 11,5% до 34,2%) заняли сорта этого учреждения: 1368д-18, Безенчукская золотистая, Безенчукская крепость, Безенчукская степная. В условиях провокационного фона в Кургане лучшими были: 1368д-18, Безенчукская золотистая, Безенчукская 210, 1477д-4, Безенчукская крепость. Преимущество у этих сортов над средним значением в Кургане составило от 17,7% до 57,0%. Значительное и стабильное преимущество по всем пунктам испытания над всеми изученными сортами отмечено у линии Самарского НИИСХ – 1368Д-18.

В группе сортов из Западной Сибири удалось выделить сорта: Омский изумруд, Солнечная 573,

Омский корунд, Памяти Янченко, Оазис, превысившие среднее значение ЧП по всем сортам и пунктам на 6,3-13,3%. В этом же эксперименте эти сорта имели преимущество по ЧП над Харьковской 46 от 24,9% (Оазис) до 33,1% (Омский изумруд). В условиях провокационного фона в Кургане лучшими были: Омский корунд, Памяти Янченко, Омский изумруд, Оазис и Гордеиформе 677, т.е. почти те же сорта, которые выделились по результатам изучения в 3-х пунктах. Эти сорта превысили среднее значение ЧП в Кургане на 3,0-15,4%.

Высокая стабильность количественного признака на фоне сильных колебаний условий среды, - косвенное свидетельство значительного вклада в его формирование соответствующей генетической системы.

Среди генотипов с высокими значениями ЧП низкий коэффициент вариации наблюдался у следующих сортов и селекционных линий:

Таблица 4. ЧП у лучших по этому признаку сортов Поволжья в среднем по всем пунктам и отдельно по пункту «Курган» (провокационный фон) в абсолютных значениях и в % к средней

Сорт	ЧП по всем пунктам		Сорт	ЧП в Кургане	
	секунд	в % к средней		секунд	в % к средней
1368д-18	414,7	134,2	1368д-18	340,0	157,0
Безенчукская золотистая	371,0	120,0	Безенчукская золотистая	290,0	133,9
Безенчукская крепость	352,7	114,1	Безенчукская 210	284,0	131,1
Безенчукская степная	344,7	111,5	1477д-4	263,0	121,4
Саратовская золотистая	335,0	108,4	Безенчукская крепость	255,0	117,7
Средняя	309,1	100,0	Средняя	216,6	100,0

Таблица 5. ЧП у лучших по этому признаку сортов Западной Сибири в среднем по всем пунктам и отдельно по пункту «Курган» (провокационный фон) в абсолютных значениях и в % к средней

Сорт	ЧП по всем пунктам		Сорт	ЧП в Кургане	
	секунд	в % к средней		секунд	в % к средней
Омский изумруд	350,3	113,3	Омский корунд	250,0	115,4
Солнечное 573	344,7	111,5	Памяти Янченко	241,0	111,3
Омский корунд	344,2	111,4	Омский изумруд	241,0	111,3
Памяти Янченко	341,0	110,3	Оазис	236,0	109,0
Оазис	328,7	106,3	Гордеиформе 677	223,0	103,0
Средняя	309,1	100,0	Средняя	216,6	100,0

1368д-18 – 17,2% (61,0% от среднего коэффициента вариации, рассчитанного по всем сортам-CVx), Безенчукская золотистая – 18,9% (67,1% от CVx), Безенчукская крепость – 13,7% (48,6% от CVx). Среди сортов Западной Сибири можно отметить Омский корунд – 23,3% (82,8 % от CVx) и Оазис – 26,0% (92,3% от CVx). Особенно следует выделить скороспелые генотипы 1368д-18 и Безенчукскую золотистую. В условиях Кургана на провокационном фоне, где в период налива зерна температура в течение длительного периода оставалась на уровне 12°C, что провоцирует позднюю альфа-амилазу (LMA, -late mature α -amylase) эти сорта в сравнении с поздними оказались в относительно неблагоприятных условиях и испытали более сильный стресс. Стрессовый эффект на скороспелых сортах усилился в период созревания зерна, когда в Кургане наблюдалась провоцирующая ПП зерна дождливая погода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве исходного материала в селекции на высокое значение ЧП предлагаются сорта Самарского НИИСХ – 1368Д-18 и Безенчукская золотистая. На базе этих генотипов в Западной Сибири вполне возможно создать УкПП с высокими значениями ЧП позднеспелые сорта.

Среди западно-сибирских сортов для реализации этого направления селекции целесообразно использовать Омский корунд, Памяти Янченко, Омский изумруд и Оазис. Учитывая, что генотипы 1368д-18 и Безенчукской золотистой включают 50,0% наследственности сорта «Памяти Чеховича», выделившегося в многолетних испытаниях в условиях Самарского НИИСХ стабильностью и высокими значениями ЧП, этот сорт можно отнести к генетическим донорам признака.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шутарева Г.И. Селекция яровой твердой пшеницы на устойчивость к предуборочному прорастанию в Поволжье: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2004. 19 с.
2. Fu B.X., Hatcher D.W., Schliching L. Effects of sprout damage on durum wheat milling and pasta processing quality // Can.J.Plant Sci., 2014. 94. Pp.545-553.
3. Effect of pre-harvest sprouting on physicochemical changes of proteins in wheat / S. Simtek, J.B. Ohm, H. Lu, M. Rugg, W. Bersonsky, M.S. Alamri, M. Mergoum // J. Sci. Food Agric., 2014. 94. Pp.205-212.
4. Крупнов В.А., Крупнова О.В. Подходы по улучшению качества зерна пшеницы: селекция на число падения // Вавиловский журнал генетики и селекции.-2015;19(5):604-612.DOI10.18699/VJ15.077.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

IMPROVING POSSIBILITY SUMMER DURUM WHEAT ON THE TRAITS OF “FALLING NUMBER”

© 2016 P.N. Malchikov¹, M.A. Rozova², E.N. Schabolkina¹, M.G. Myasnikova¹,
A.I. Ziborov², I.V. Fomina³, T.V. Chaheeva¹

¹ Samara Research Scientific Institute of Agriculture, Bezenchuk, Samara Region

² Altai Research Scientific Institute of Agriculture, Barnaul

³ Locked join-Stock Company “Kurgansemena”, Kurgan

Falling number (FN) indicates the level of activity of alpha-amylase in grain, flour, meal, included in the list of all the parameters of international quality standards and is closely linked with resistance to pre-harvest sprouting grain (PHSR). The higher the FN, the higher the estimated quality of the grain. Reducing

the level of FN, hidden or visible Pre-harvest sprouting (PHS) is under the influence of unfavorable conditions - rainy, cool weather during grain maturation. Breeding resistant PHS grain stably retaining high values of FN grades, - the basis for way to improve emergency and PHSR. Search and identification of conditions in the Middle Volga durum wheat genotypes with high and stable values of the FN - urgent research task. This task objective of the present study. The objects of study were two groups of varieties. The first is represented by varieties of competitive variety trials Samara Agricultural Research Institute. The second group consisted of varieties of different stages of breeding in Russia and breeding lines of several laboratories from different institutions. Varieties studied in long-term experiments in conditions of Samara Research Institute for Agriculture and conditions subcontractors institutions (geographical point Kurgan, Barnaul). To determine the effects of varieties, environmental conditions and their interaction in the formation of the value of FN, two-factor analysis of variance was used. As a result of research as a initial material in breeding for high value FN varieties offered Samara Agricultural Research Institute - 1368D-18 and Bezenchukskayazolotistaya. Among West Siberian varieties for the implementation of the directions of selection should be used Omsk corundum, Pamayaty Yanchenko, Omsk izumrud and Oasis. Considering that genotypes 1368d-18 and Bezenchuk zolotistaya include 50.0% "In Pamayaty Chekhovich" heredity varieties released in the years of testing under the Samara Agricultural Research Institute and the stability of the high values of PHS, this variety can be classified to genetic donor trait. **Keywords:** spring hard wheat, falling number, grades, effects, genotypes, international quality standards, Pre-harvest sprouting grain selection.

Petr Malchikov, Doctor of Agricultural Science, Chief Research Fellow. E-mail: sagrs-mal@mail.ru

Margarita Rozova, Candidate of Agricultural Sciences, Head at the Laboratory of Breeding of Durum Spring Wheat.

E-mail: mrosova@yandex.ru

Elena Schabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow at the Technology Services Laboratory.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

Marina Myasnikova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow at the Laboratory of Breeding of Durum Spring Wheat. E-mail: sagrs-mal@mail.ru

Andrey Ziborov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Fellow at the Laboratory of Breeding of Durum Spring Wheat. E-mail: mrosova@yandex.ru

Irina Fomina, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Division to Breedings. E-mail: fomina@kurgansemena.ru

Tamara Chaheeva, Associate Research Fellow at the Laboratory of Breeding of Durum Spring Wheat.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru