

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

ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ СЕЛЕКЦИИ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

© 2014 П.Н. Мальчиков, М.Г. Мясникова, Е.Н. Шаболкина, Н.В. Анисимкина, Т.В.Оганян

ФГБНУ Самарский НИИСХ, п.Безенчук, Самарская обл.

Поступила в редакцию 15.12.2014

Представлены результаты селекции яровой твердой пшеницы в Самарском НИИСХ по признакам качества зерна и макарон. Дана оценка перспектив селекции по этому комплексу признаков. Описаны особенности сортов и перспективных селекционных линий.

Ключевые слова: твёрдая пшеница, белок, клейковина, каротиноиды, стекловидность, диаллельный анализ, селекция, сорта

Введение. В России в период реформ произошло значительное сокращение посевных площадей и производства зерна твердой пшеницы [1,2,3]. В этот же период увеличился импорт макаронных изделий, основная часть которого относится к высококачественной продукции итальянского производства. Потребление дорогих импортных продуктов, в связи с ростом покупательной способности населения России, в последние годы увеличилось. В связи с этим проблема импортозамещения здесь особенно актуальна. В тоже время процесс импортозамещения не должен привести к снижению среднего уровня качества макаронных и крупяных изделий на продовольственном рынке России. Вклад селекции здесь может быть значительным. Это связано с тем, что современные технологии выращивания и переработки твердой пшеницы эффективно реализуют генетический потенциал высокого качества, но не могут также эффективно компенсировать его недостаток. Потенциал качества зерна сортов твердой пшеницы и продуктов его переработки зависит от эффективности селекционного процесса и направлений, которые выбирает и реализует селекционер, предлагая производителям сорта с улучшенными

Мальчиков Пётр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства яровой твёрдой пшеницы.

E-mail: sags_mal@mail.ru

Мясникова Марина Германовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твёрдой пшеницы. E-mail: sags_mal@mail.ru

Шаболкина Елена Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель группы технологии зерна и качества семян. E-mail: samniish@mail.ru

Анисимкина Наталья Васильевна, руководитель группы массовых анализов. E-mail: samniish@mail.ru

Оганян Тамара Вардекетовна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой твёрдой пшеницы. E-mail: samniish@mail.ru

параметрами. В Италии, например, по данным фирмы *Societa Produtoro Sementi* (<http://www.d'adamo.com>) с 60-70гг XX века и до настоящего времени расширение целей селекции проходило в значительной степени с преобладанием признаков качества. Современные программы селекции твердой пшеницы в Италии, Канаде, США, Турции, Австралии, CIMMYT, ICARDA, включают помимо мукомольных характеристик (натура, масса зерновки, стекловидность, отлёжка семолины, концентрация золы), функциональные признаки технологических качеств конечной продукции (концентрация протенина, сила клейковины, индекс желтизны), признаки питательности и пищевой безопасности (накопление токсинов и тяжелых металлов). В России в большинстве селекционных лабораторий аналогичные направления реализуются с 80гг XX века [1,2,3]. В Самарском НИИСХ селекция твердой пшеницы ведется более 100 лет (с 1912г.). Созданные за этот период сорта условно разделены на семь этапов. В этом сообщении представлены результаты селекции на качество продукции по этапам, т.е. дана оценка эволюционных тенденций по этому комплексу признаков и, основываясь на этих результатах и результатах специальных исследований, показаны реализованные элементы технологии селекционного процесса и прогноз улучшения существующего сортимента по ряду признаков качества твердой пшеницы.

Материал и методы исследований. Полевые эксперименты, в которых изучались признаки качества сортов конкурсного, межстанционного сортоиспытаний, коллекционных образцов закладывались рендомизированными блоками в 3-6 повторностях. Стекловидность, натурная масса зерна и масса 1000 зерен определялись по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ 10840-64. Содержание белка и клейковины в

зерне определяли в лаборатории технологического сервиса Самарского НИИСХ по общепринятым прописям. Содержание каротиноидных пигментов определяли путем экстрагирования сатурированного н-бутанола и последующим фотокolorиметрированием при длине волны 440...450нм [4]. Показатель седиментации (SDS вариант) определяли, используя навеску шрота массой 6 грамм в 100мл цилиндре в растворе молочной кислоте с концентрацией 9,4% с добавлением 2,0% раствора додецилсульфата натрия. Дисперсионный анализ (однофакторный и двухфакторный) в рендомизированных блоках проводили по [5]. Диаллельный анализ генетических параметров выполнен по В.И.Науман [6]. Все расчеты сделаны на РС АТ 486 с использованием пакета селекционно-ориентированных программ «Agros –2», разработанных под руководством докт.биол.наук С.П.Мартынова.

Результаты селекции твердой пшеницы в Самарском НИИСХ за период с 1912г. по настоящее время. В этот период в Средневолжском регионе был реализован (т.е. имел коммерческое значение) 21 сорт яровой твердой пшеницы из них 3 сорта инорайонного происхождения (Гордеиформе 189, Мелянопус 69 Краснокутской СС оба на 2-ом этапе и Харьковская 46 УкрНИИРСиг на 4-м этапе селекции), один (Гордеиформе 1404 селекции Поволжского НИИСХ – на 2 этапе) и 17 селекции Самарского НИИСХ на всех этапах селекции. Наиболее интенсивные изменения параметров качества произошли на последних этапах селекции. Сорта 7 этапа улучшены

по большинству основных признаков за исключением содержания белка и клейковины (табл. 1)

Особенно значительное улучшение наблюдается по реологическим свойствам теста и содержанию каротиноидов (индексу желтизны). В среднем за пять лет изучения восемь современных сортов превысили уровень сорта Безенчукская 139 (районирован в 1980 году) по SDS седиментации на 25,5 % по содержанию каротиноидов на 40,0 %. Сорта, проходящие в настоящее время оценку в системе государственного сортоиспытания Безенчукская 210 и Безенчукская золотистая, имеют преимущество по SDS на 13,0 и 37,4%, по содержанию каротиноидов на 45,7% и 65,9% соответственно. При этом абсолютные значения этих показателей у всех современных сортов (Безенчукская 200, Безенчукская степная, Безенчукская 205, Марина, Безенчукская Нива, Безенчукская 209, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая) соответствуют требованиям мирового рынка (индекс желтизны – ≥ 22 ; SDS $\geq 40,0$ мл).

Задачи, возможности и перспективы улучшения сортов твердой пшеницы по признакам качества зерна.

Масса 1000 зерен. Этот признак является усредненным показателем размера зерна. Контролируется генами локусов количественных признаков (QTL), расположенными на хромосомах 4D и 4A в геноме гексаплоидной пшеницы. Коэффициент наследуемости массы 1000 зерен твердой пшеницы в зависимости от условий среды варьирует по данным зарубежных

Таблица 1. Изменение качества сортов твердой пшеницы по этапам селекции в Самарском НИИСХ

Этап	Степень изменения признаков качества по этапам селекции							
	масса 1000 зёрен	натура зерна	стекло-видность	белок	клейковина	ИДК	SDS-седиментация	содержание каротиноидов
0	местные сорта (Белогурка, Кубанка, Черноуска, Арнаутка и др.)							
1-3	нет	+ слабое	нет	нет	нет	нет	-	-
4	+ среднее	нет	нет	нет	нет	нет	-	-
5	нет	нет	нет	- слабое	- слабое	нет	нет	нет
6	+ среднее	+ слабое	нет	нет	нет	нет	нет	нет
7	+ среднее	+ слабое	+ среднее	нет	нет	- среднее	+ сильное	+ сильное

Примечание: (+) – увеличение величины признака; (-) – уменьшение величины признака; слабое = 5,0-10,0%; среднее = 10,0-20,0%; сильное >25,0%.

исследователей от 0,37 до 0,69 [7; 8].

Генетический контроль признака в условиях Нижнего и Среднего Поволжья по результатам диаллельных скрещиваний, где были изучены сорта Безенчукская степная, Памяти Чеховича, Безенчукская 182, Гордеиформе 1734, Безенчукская 205, Безенчукская 202 и их гибриды F_1 (2004г) и F_2 (2005г) от прямых скрещиваний, осуществлялся при превалировании аддитивных эффектов генов (табл. 2), что предполагает высокую эффективность отбора в ранних поколениях гибридных популяций. Крупное зерно имеет широкое отношение эндосперма к оболочке зерна или отрубям, что увеличивает выход крупки [9]. Однако крупное зерно имеет пониженное содержание белка и клейковины [10], что необходимо учитывать при создании сортов и их возделывании в производственных условиях.

Потенциал большинства современных сортов, включенных в реестр РФ по величине признака больше 40 грамм. Ряд сортов в конкурсном, экологическом и государственном сортоиспытании достигает 54,0 грамм. Наиболее крупнозерные сорта самарской селекции получены на седьмом этапе это: Марина, Безенчукская Нива, Безенчукская 205, Безенчукская степная, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая. По нашим данным [3] потенциал признака в Среднем Поволжье достиг оптимальных значений. В связи с этим основные усилия в селекции необходимо сосредоточить на повышении стабильности признака в разнообразных условиях среды при неуклонном увеличении адаптивности и реальной урожайности вновь создаваемых сортов. Оптимальные величины признака (реализованные у современных сортов) хорошо комбинируются с параметрами высоты растений, вегетационного периода, содержанием белка, каротиноидов, качества и количества клейковины, качества макарон в широком диапазоне проявления этих признаков. Существующее определенное противоречие на генотипическом уровне

не признаков «масса 1000 зерен» и «число зерен в колосе» преодолевается последовательной селекцией на повышение адаптивности (устойчивости) к спектру лимитирующих факторов среды. Таким образом, стабилизация признака (на уровне 40-50 грамм) вполне достижима.

Натура зерна отражает выполненность и плотность зерновки, используется как фактор классификации пшеницы. Формируется под влиянием генотипа и условий среды. Вклад генотипа в разнообразных условиях среды значителен. По данным Bhatt and Derera [11] коэффициент наследуемости признака в зависимости от условий среды варьировал от 0,44 до 0,83.

Благоприятный прогноз для отбора генотипов с высокой натурой зерна получен нами в 2005 году при анализе генетических параметров Хеймана на основе диаллельных скрещиваний адаптированных к местным условиям сортов, значительно различающихся по изучаемому признаку (табл. 3). В этом эксперименте изучены те же сорта и их гибриды F_2 , которые представлены в предыдущем опыте при изучении наследования массы 1000 зерен. Амплитуда изменчивости признака в сортовой популяции была значительной – от 627,2 г/л у Памяти Чеховича до 743,4 г/л у Безенчукской степной. Дисперсионный анализ полученных данных показал достоверные различия между сортами по исследуемому признаку. Тесты на эпистаз были отрицательными – признак наследовался в соответствии с аддитивной – доминантной моделью.

Доминантные гены увеличивали признак ($R = -0,711$), однако аддитивный компонент превышал эффекты доминирования – $(H_1/D)^{1/2} = 0,731$. Отмечена асимметрия в частотах доминантных и рецессивных аллелей – $H_2/4H_1 = 0,22$ с преобладанием доминантных генов $(4DH_1)^{1/2} + F / (4DH_1)^{1/2} - F = 1,00$. Число групп генов, по которым различались родители, равнялось двум. Эти результаты подтверждают высокую эффективность отбора по выполненности зерна в По-

Таблица 2. Генетические параметры массы 1000 зерен по результатам диаллельных скрещиваний (6*6), Безенчук, 2004-2005 гг., Волгоград, 2005г.

Признак	Генетические параметры						
	D	H ₁	(H ₁ /D) ^{0,5}	H ₂	H ₂ /4H ₁	F	R
Безенчук, 2004 г.(числитель) и 2005г. (знаменатель)							
Масса 1000 зерен	4,70* 18,3*	5,2 10,0	–	5,4 11,0	–	-1,97 0,39	0,489 -0,528
Волгоград, 2005г.							
Масса 1000 зерен	28,9*	35,2*	1,10	31,9*	0,227	9,2*	-0,826

Примечание: * значимо на 5% уровне.

Таблица 3. Генетические параметры природы зерна. Безенчук, 2005г.

D	H ₁	(H ₁ /D) ^{0,5}	H ₂	H ₂ / 4H ₁	F	R	h/H ₂	E
2092*	1118,7*	0,731	977,0*	0,22	1198,0*	-0,711	2,05	2,26*

волжье, показанную практической селекцией на протяжении десятилетий селекционной работы с твердой пшеницей [12;1;13].

Стекловидность наряду с натурной массой лежит в основе классификации твердой пшеницы большинства стран – экспортеров и является одним из основных признаков прогнозируемости мукомольных свойств зерна [14;1]. Стекловидность зерна определяется структурой эндосперма, состоянием его белково – липидного и крахмального компонентов. Высокая стекловидность наблюдается у образцов, имеющих в значительной доле крахмал в виде крупных чечевицеобразных зерен, промежутки между которыми заполнены белково-липидной фракцией. Такие образцы, в отличие от образцов с мелкозернистым строением крахмального компонента эндосперма, имеют более высокое содержание белка и твердость зерна, что отличает твердую пшеницу от мягкой и позволяет получать при размоле крупчатку (семолину) используемую для изготовления высококачественных макарон (пасты). Высокая стекловидность (прозрачность) белковой и крахмальной частей эндосперма наблюдается у зерна при влажности $d \leq 14,0\%$ и температуре не выше 50 °С [14]. Признак сильно зависит от условий среды в период налива и созревания зерна. В годы с повышенной влажностью при созревании зерна и уборке урожая происходит значительное снижение

стекловидности. В тоже время в неблагоприятных для формирования стекловидности условиях, наблюдается наибольшее генетическое разнообразие по этому признаку [15;1].

Потенциал современных сортов по выполненности или натуре (>770г/л) и стекловидности (>85,0%) зерна достаточно высок, практически все сорта, включённые в реестр РФ, соответствуют по этим признакам требованиям ГОСТа. «Удержать» их на этом уровне в процессе селекции вполне реальная задача. Это определяется тем, что отбор по выполненности и стекловидности зерна очень эффективен, что подтверждается результатами селекции и изучением параметров среды в качестве фактора отбора, показавших превалирование анализирующих фонов при большом разнообразии исследуемых сред [3]. Для повышения устойчивого формирования стекловидного зерна при перестое посевов и выпадения осадков в период созревания зерна, в Самарском НИИСХ сформирована рабочая коллекция селекционных линий, полученных от межвидовых скрещиваний *Triticum durum Desf.* с *Triticum dicoccum (Srank) Shuebl.* Характеристика одной такой группы генотипов из рабочей коллекции представлена в табл. 4.

Отчетливо просматривается высокий потенциал представленной в таблице популяции по содержанию каротиноидов. В связи с этим правомерно предположение, что каротиноидный комплекс

Таблица 4. Характеристика рекомбинантных линий, отобранных из гибрида Памяти Чеховича/к-9934 (*T.dicoccum*), по признакам качества зерна при перестое посевов, Безенчук, 2011-2013гг.

Линия	Период всходы-созревание, дней	Перестой, дней	Содержание каротиноидов, мкг%	Цвет зерна, балл (1-9)	Стекло-видность, %
Безенчукская степная	85	10	450	6	78
1898д-1	85	10	553	9	95
1898д-2	86	9	582	9	93
1898д-3	85	10	564	9	91
1898д-4	82	13	592	9	97
1898д-5	85	10	612	9	96
1898д-6	86	11	653	9	98
1898д-7	85	10	594	9	96
1898д-8	85	10	658	9	95
1898д-9	85	10	552	9	92
1898д-10	85	10	578	9	95

в зерне твердой пшеницы выполняет функцию защиты белково-липидного и крахмального компонентов эндосперма от действия окислительных ферментов и способствует сохранению цвета и стекловидности зерна. В данном случае стратегия селекции на неуклонное повышение каротиноидности может опосредованно повысить стабильность признака «стекловидность» зерна.

Устойчивость сортов к прорастанию зерна на корню. Устойчивость генотипа к прорастанию позволяет при неблагоприятных условиях удерживать цвет зерна и стекловидность на приемлемом уровне. Прорастание зерна связано с активностью фермента « α -амилаза». При массовой оценке образцов в процессе селекции признак измеряется «числом падения» Хагбера - Пертена секундах. Суть метода сводится к определению времени свободного падения штук-мешалки в клейстеризованной водно-мучнистой суспензии. Чем выше степень ферментативного гидролиза крахмала и потери им свойств клейстеризации, тем меньше период падения и выше склонность генотипа (образца) к прорастанию зерна на корню.

Все современные сорта имеют ЧП по многолетним данным в условиях Безенчука выше уровня 400 секунд (рис 1.). Требования российского ГОСТа ≥ 200 секунд, что значительно ниже более жестких нормативов мирового рынка зерна твердой пшеницы >400 секунд.

В тоже время формирование этого признака в многолетнем эксперименте, включавшем широкий набор районированных и перспективных сортов, по данным двухфакторного дисперсионного анализа проходило на фоне отсутствия значимых генотипических эффектов (табл. 5).

Сильное действие оказывали условия года и эффекты взаимодействия генотип – среда. Следовательно, стратегия селекции должна быть направлена на создание системы сортов, учитывающей эту особенность признака. Однако в перспективе не исключается вероятность получения сортов стабильно сохраняющих устойчивость к прорастанию в разнообразных условиях среды. Популяция, представленная в таблице 4, и ряд других межвидовых гибридных популяций, находящихся в процессе изучения и селекции в Самарском НИИСХ, могут стать новым исходным материалом для создания устойчивых сортов к прорастанию зерна на корню с более высокой стабильностью признака.

Содержание белка в зерне – влияет на мукомольные свойства зерна и питательность конечных продуктов. Концентрация в зерне 12,0% белка – предельно допустимый уровень, ниже которого могут возникнуть проблемы с помолом зерна и выходом крупки. Из всего комплекса признаков влияющих на накопление белка в зерне в литературе выделяется выход зерна из над-

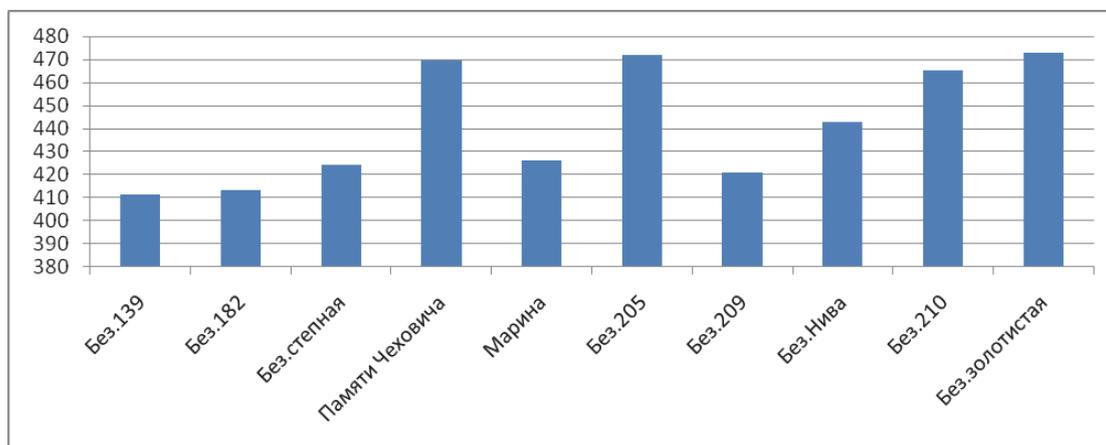


Рис. 1. «Число падения» у сортов разных этапов селекции, секунд, Безенчук, 2008-2013гг.

Таблица 5. Эффекты взаимодействия генотип – год по признаку «число падения», Безенчук, 2008-2013гг.

Варьирование	Результаты двухфакторного дисперсионного анализа			
	SS	df	ms	F
Общее	388613	47	-	
Сорт	9243	7	1321	0,79
Год	35277	5	7056	92,3*
Взаимодействие год-сорт	26593	35	1760	414,3*

земной биомассы (К.хоз), отрицательно связанный с белковистостью и положительно с урожайностью на генотипическом уровне [16]. В связи с этим основная задача селекции на белковистость зерна – исключить снижение признака при одновременном повышении адаптивности и реальной урожайности. При этом существующее противоречие между К.хоз и содержанием белка в зерне в процессе селекции необходимо ослабить до требуемого для реализации поставленной задачи уровня. Решающее значение здесь имеет исходный материал, поиск генотипов, являющихся своеобразным исключением из этой довольно жёсткой закономерности. В многолетнем эксперименте, проведённом в условиях Безенчука по двум предшественникам - овсу на зерно и пару, удалось идентифицировать сорт «Памяти Чеховича» (ПЧ) с высоким К.хоз. и содержанием белка в зерне, недостоверно отличающемся от Харьковской 46 – одного из самых высокобелковистых сортов (табл. 6.).

Сорт Памяти Чеховича несет ген редукции высоты растений от мексиканского сорта Anhinga (RhtAnh), снижающего высоту растений твердой пшеницы на 15,0%, отличается высокой устойчивостью к засухе, высоким температурам, листовым пятнистостям, имеет высо-

кокачественную клейковину, по содержанию каротиноидов (индексу желтизны) и цвету макарон – один из лучших сортов. Хорошо передает весь комплекс признаков потомству. С участием наследственности Памяти Чеховича созданы продуктивные, среднерослые, с высоким содержанием белка сорта Безенчукская 210 и Безенчукская золотистая. Таким образом, формирование селекционных программ ориентированных на создание сортов, формирующих прирост урожая главным образом за счет положительных эффектов К.хоз. и имеющих высокое содержание белка в зерне, вполне допустимо. Открытие возможности коэволюции твердой пшеницы (канала эволюции) по обсуждаемой паре признаков – эффективный путь ускорения селекции сортов с высокими урожайностью, качеством и питательной ценностью.

Цвет зерна варьирует от лимонно-желтого до янтарно-желтого и зависит от **содержания каротиноидов**. Современные сорта превосходят уровень Безенчукской 139 (5 этап селекции) по концентрации каротиноидных пигментов в зерне в 1,4-1,7 раза (рис. 2.), превышая в отдельные годы уровень 700мкг%.

Это существенный селекционный сдвиг. Иностранные сорта из Италии, СИММУТ, Франции,

Таблица 6. Накопление белка в зерне и К.хоз в зависимости от сорта и предшественника, Безенчук, 2004-2009гг.

Сорт	Белок				К.хоз			
	предшественник				предшественник			
	овес		чистый пар		овес		чистый пар	
	% в зерне	в % к Х46	% в зерне	в % к Х46	%	в % к Х46	%	в % к Х46
Х46	14,4	100,0	17,0	100,0	31,7	100,0	30,2	100,0
Б139	13,9	96,1	16,7	98,2	31,0	97,9	32,8	108,6
Б182	13,9	96,4	16,1	94,7	34,7	109,6	35,0	116,2
Б200	14,0	97,2	16,9	99,4	32,7	103,2	33,9	112,4
Б.степная	13,6	94,1	16,5	97,1	35,4	111,3	37,0	122,6
ПЧ	13,5	93,5	16,3	95,9	41,1	129,7	40,8	135,2
НСР _{0,05}	Ff<Ft		0,82		4,04		3,18	
m %	2,66		1,77		3,97		3,72	

Сокращения: Х- Харьковская; Б-Безенчукская; ПЧ –Памяти Чеховича.

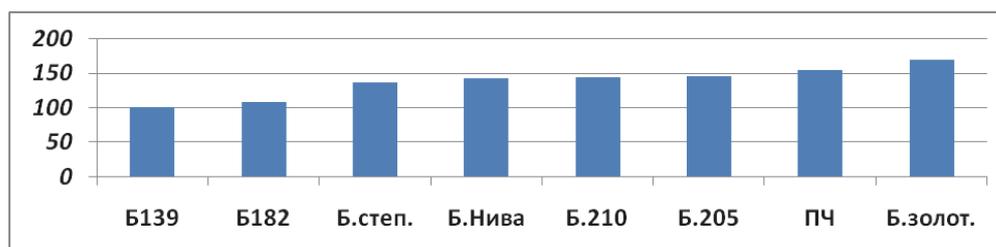


Рис. 2. Содержание каротиноидов в зерне у сортов твердой пшеницы в % к уровню Безенчукской 139, Безенчук, 2008-2013 гг. Сокращения: Б-Безенчукская; ПЧ – Памяти Чеховича

где в течение длительного периода ведут интенсивно селекцию по этому признаку, в условиях Поволжья значительно уступают сортам местной селекции. Возможно, что это связано с реакцией на стрессовые условия и степенью устойчивости каротиноидного комплекса к окислительным процессам. Генотипический эффект устойчивости каротиноидного комплекса к окислению четко проявляется при анализе данных по содержанию каротиноидов в зерне и макаронах после их изготовления и варки (рис. 3.). Реакция сортов неоспорима.

Безенчукская золотистая увеличивает свое преимущество к стандарту с 60% в зерне до 140% в макаронах после варки. В Алтайском НИИСХ при хранении крупки сортов Памяти Чеховича, Елизаветинская и Безенчукская степная в течение трех месяцев они увеличили преимущество над Саратовской золотистой по содержанию каротиноидов, что также можно объяснить различиями сортов по устойчивости к окислению (рис. 4.). Окисление каротиноидного комплек-

са твердой пшеницы в зерне, кружке, тесте катализируют ферменты – липоксигеназа, пероксидаза и полифенолоксидаза [17;18]. При этом активность липоксигеназы приводит к обесцвечиванию (отбеливанию) зерна, крупки и макарон. Активность пероксидазы и полифенолоксидазы в твердой пшенице существенно ниже, чем в мягкой, но эти ферменты, катализируя окисление фенолов приводят к образованию сложных полимеров, накапливаемых в незрелом зерне и окрашивающих крупку и макароны в коричневый цвет [19]. В связи с этим поиск новых трансгрессий и неуклонное повышение уровня признаков «каротиноидности» и «цвета зерна» в новых сортах актуальные задачи селекции на ближайшую перспективу. Использование «сильных» генов в селекционном процессе, значительно увеличивают его эффективность в работе с количественными признаками. Наличие таких генов (два гена с аддитвными эффектами), кодирующих синтез каротиноидных пигментов, установлено у сорта «Саратовская золотистая»

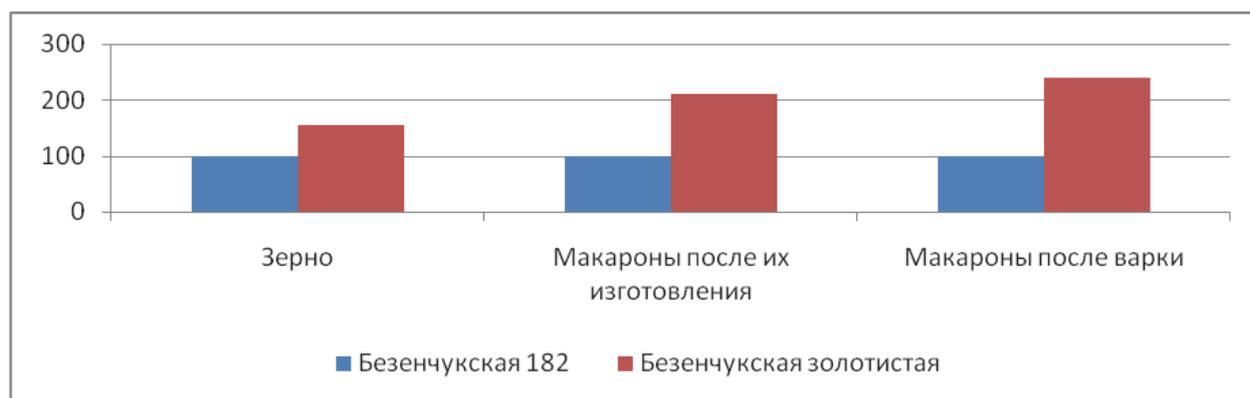


Рис. 3. Концентрация каротиноидов в зерне и макаронах, после их изготовления и варки (эффект устойчивости каротиноидного комплекса к окислению), в % к Безенчукской 182

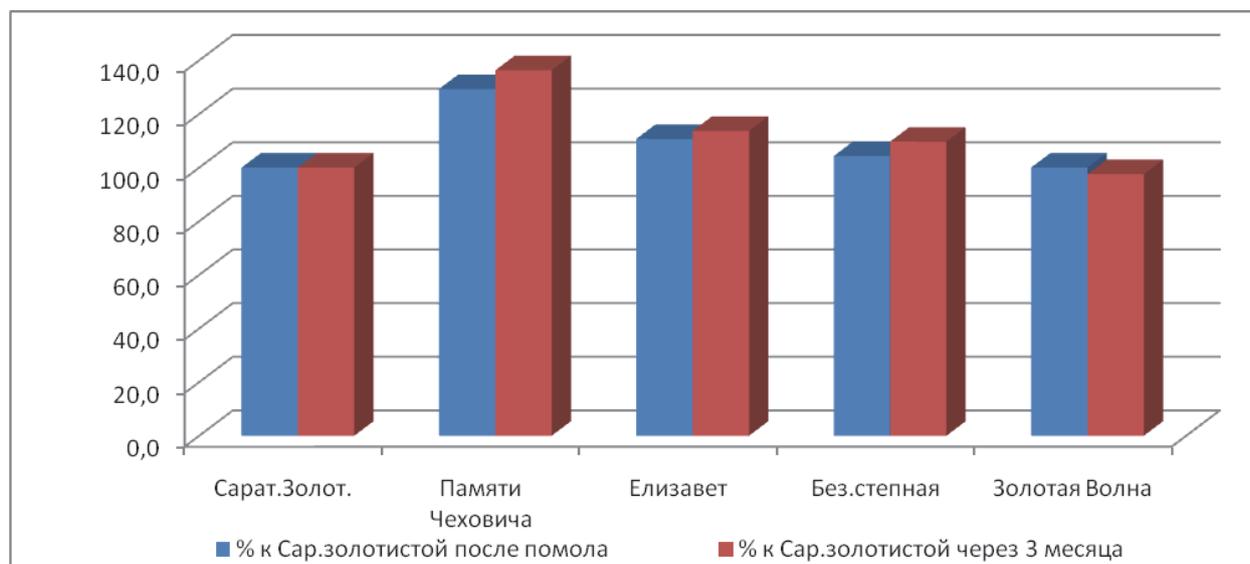


Рис. 4. Эффект устойчивости каротиноидов к окислению в процессе хранения (3 месяца) в % к уровню Саратовской золотистой, Алтайский НИИСХ, 2006г.

[3]. У сорта Omrabi 5 селекции ICARDA маркированы три QTL на 7A (Хсаасg 198\$ Xgwm 63) и 7B (Xgwm 193-6B) хромосомах, связанных с синтезом каротиноидов [20]. Канадский сорт Vofa несет 4 локуса на 2A (Xgwm 425), 4B (Xgwm 495), 6B (Xgwm 193), 7BL (Psy-B1), связанных с синтезом фитоена – биохимического предшественника ликопина [21]. Эти данные убеждают в больших возможностях селекции по анализируемым признакам.

Кроме того, трансгрессии по содержанию каротиноидов в зерне твердой пшеницы происходят довольно часто, особенно в межвидовых популяциях от скрещивания твердой пшеницы с *Triticum aestivum* L. и особенно с *Triticum dicoccum* (Srank) Shuebl. с долей в геноме наследственности других видов 17,5-50,0% (табл. 7.). Признак «каротиноидности» хорошо комбинируется с другими селекционно-значимыми свойствами твердой пшеницы, в том числе с жаро- и засухоустойчивостью и общей адаптивностью. Таким образом, очевидно, что объективные возможности для эффективной и неуклонной се-

лекции на повышение «каротиноидности» достаточно высокие и могут быть реализованы в селекционных программах во всех регионах России и Казахстана.

Качество клейковины основной фактор, определяющий варочные и кулинарные свойства макаронных изделий [22], имеет функциональную связь с низкомолекулярным компонентом глютеина второго типа (LMG2), маркируемого г 45 компонентом глиадины (рис. 5).

В свою очередь г 45 компонент глиадины тесно сцеплен с окраской колосковых чешуй с частотой кроссинговера 3,5%, что позволяет использовать этот признак в качестве морфологического маркера с 95% вероятностью идентификации генотипов с высококачественной клейковиной. Технологически эту процедуру легко осуществить при отборе элитных колосьев в гибридных популяциях и селекционных питомниках при хорошей изученности по качеству клейковины родительских компонентов.

Для непосредственного определения качества клейковины применяются следующие ме-

Таблица 7. Вклад *Triticum dicoccum* (Srank) Shuebl в наследственность трансгрессивных по каротиноидам генотипов твердой пшеницы

Сорт линия	Содержание каротиноидов	Превышение над лучшим родителем, %	Доля в геноме других видов, %
Памяти Чеховича	550-600	15-20	17,5 T.dicoccum
ЛН-209-36	450-500	25-35	25,0 T.dicoccum
1416д-15	450-500	40-45	25,0 T.dicoccum
1416д-21	450-500	40-45	25,0 T.dicoccum
1898д-6	600-650	10-12	50,0 T.dicoccum
1898д-8	600-650	10-12	50,0 T.dicoccum

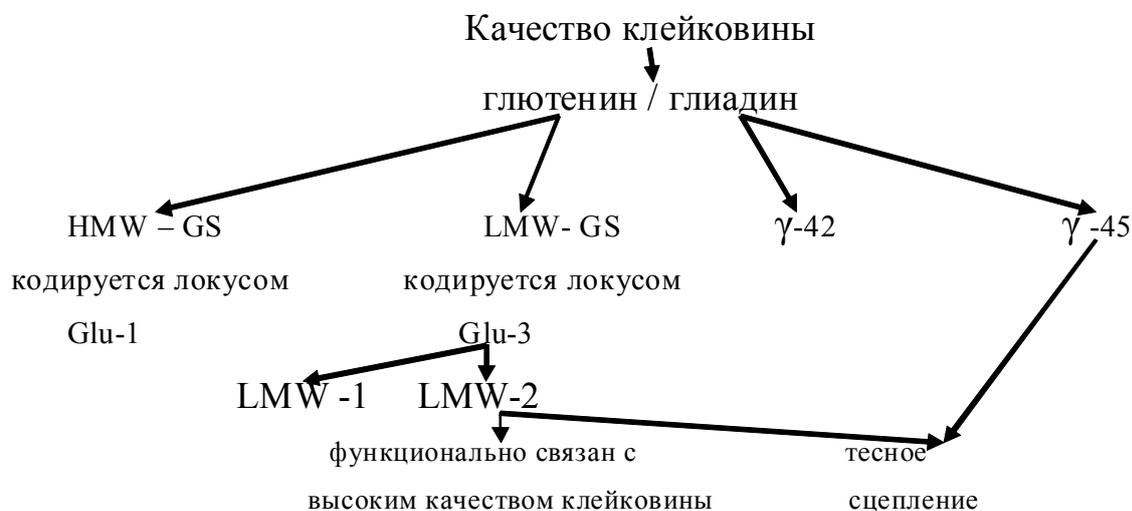


Рис. 5. Зависимость качества клейковины от глютеинового и глиадинового компонентов белковой фракции зерна по Porceddu et al, 1998

тоды: 1) SDS седиментация, 2) деформация клейковины в единицах прибора ИДК, 3) параметры приборов фаринографа и миксографа, описывающих прочность и эластичность клейковины. В Самарском НИИСХ наиболее широко применяются первые два метода. Изучение сортов с разным уровнем качества четко показывает зависимость проявления генотипа от условий среды. По паровому предшественнику различия достоверны и значимы по величине (параметр SDS седиментации), по овсу без внесения удобрений их нет (табл. 8.).

Следовательно, особенности генотипа дают только определенную вероятность получения зерна с качественной клейковиной. Знание этих особенностей позволяет эффективно планировать технологические мероприятия при выращивании твердой пшеницы. В селекции высококачественных генотипов решающее значение имеет иденти-

фикация соответствующего исходного материала.

По данным Самарского НИИСХ наиболее надежными донорами являются генотипы, изученные в многолетнем эксперименте и стабильно формирующие клейковину с показателями SDS не ниже 45 мл и 85-95 единиц прибора ИДК. Характеристика части рабочей коллекции, используемой в Самарском НИИСХ, представлена в табл. 9.

Таким образом, селекция по улучшению основных параметров качества твердой пшеницы в Поволжье и в целом в селекционных центрах России и Казахстана ведется эффективно, современные сорта пригодны для производства зерна соответствующего требованиям мирового рынка и может быть успешной в обозримом будущем. Эволюция этих признаков в процессе селекции не противоречит совершенствованию сортов по урожайным признакам и свойствам адаптивности.

Таблица 8. Формирование качества клейковины в зависимости от генотипа и среды (предшественника), 2004-2010гг.

СОРТ	SDS седиментация, мл	
	пар	овёс
Харьковская 46	39,9	37,9
Безенчукская 139	39,0	38,0
Безенчукский янтарь	41,5	35,8
Безенчукская 182	39,4	35,4
Безенчукская степная	48,8	42,6
Памяти Чеховича	58,2	43,4
Марина	51,3	39,6
Безенчукская 205	50,0	38,9
Безенчукская Нива	55,3	42,1
НСР _{0,05}	10,2	Ff < Ft

Таблица 9. Исходный материал с высококачественной клейковиной, используемый в селекции в Самарском НИИСХ

Сорт	Оригинатор	Параметры качества		Время изучения, лет
		SDS	ИДК	
Памяти Чеховича	Самарский НИИСХ	49,0	93	14
Без. золотистая	Самарский НИИСХ	51,0	93	8
653д-58	Самарский НИИСХ	59,0	84	8
1453д-1	Самарский НИИСХ	53,0	85	5
Без.209	Самарский НИИСХ	53,0	89	12
1389да-1	Самарский НИИСХ	57,0	85	5
Akkille	Италия	48,0	90	3
ISD-21	Италия	50,0	81	2
Duroflavus	Австрия	49,0	95	2
Корона	Казахский НПЦЗХ	48,0	97	3
86с-08	НИИСХ Юго-Востока	51,0	85	7
98с-08	НИИСХ Юго-Востока	56,0	84	7
101с-08	НИИСХ Юго-Востока	52,0	89	7
Луч -25	НИИСХ Юго-Востока	50,0	90	7

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильчук Н.С.* Селекция яровой твердой пшеницы // Саратов, 2001. 124 с.
2. *Евдокимов М.Г.* Селекция яровой твердой пшеницы в условиях Юга Западной Сибири // Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. Омск. 2006. 35 с.
3. *Мальчиков П.Н.* Селекция яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье // Автореферат дисс. ... докт. с.-х. наук. Безенчук. 2009. 56 с.
4. *Баславская С.С., Трубецкова О.М.* Практикум по физиологии растений // М.: Изд-во МГУ. 1964. 326 с.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
6. *Hauman B.I.* The theory and analysis of diallel crosses. II. // Genetics, 1958. Vol.43. N1. P.63-85.
7. Recurrent Selection for Kernel Weight in Spring Wheat // *J.W. Jochum, R.H. Busch, G.G. Filcher, and G.A. Hareland* // Crop Science. 2001. 41. P.999-1005.
8. *Collaku A and Harrison S.A.* Heritability of Waterlogging Tolerance in Wheat / 2005.- Crop Science.- 45/. P.722-727.
9. *Matsuo R.R., Dexter J.E.* Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling propcritics // Canadian Journal of Plant Science. 1980. 60: P.49-53.
10. Evaluation of physical and chemical characteristics of newly evolved wheat cultivars / *A.B. Khattak, A. Jabbar, M.Khan, N.Bibi, M.A. Chaudry, and M.S. Khattak* // Journal of the Science of Food and Agriculture.-2005.- 85: P.1061-1064.
11. *Bhatt G.M., Derera F.N.* Genotype * Environment interaction for, heritabilities of, and correlations among quality in wheat // Euphytica 24. 1975. P. 597-604.
12. *Шехурдин А.И.* Селекция и семеноводство яровой пшеницы на Юго-Востоке. Избранные труды. М., 1961. 326 с.
13. *Вьюшков, А.А.* Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. Самара, 2004. 223 с.
14. *Sissons M.* Role of Durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bread // Global Science Books "Food" 2008.- P.77-90.
15. *Голук В.С., Голук О.В.* Селекция Triticum durum Desf. // Харьков: Магда ЛТД, 2008. 519 с.
16. *Павлов А.Н.* Физиологические причины, определяющие уровень накопления белка в зерне различных генотипов// Физиология растений, 1982. Т.29. Вып.4. С.767-779.
17. Polyphenol oxidase activities of hard red winter, soft red winter. Hard red spring, white common, club, and durum wheat cultivars / *W.M. Lamkin, B.S. Miller, S.W. Nelson, D.D. Traylor, M.S. Lee* // Cereal Chemistry .-1981.- 58:P.27-31.
18. *Feillet P.* Pasta brownness: An assessment // Journal of Cereal Science. 2000. 32. P.215-233.
19. Effect of mixing on the behavior of lipoxygenase, peroxidase and catalase in wheat flour doughs. / *J.F. Delcros, L. Rakotozafy, A. Boussard, S. Davidou, C. Porte, J. Potus, J. Nicolas* // Cereal Chemistry.-1998.- 75. P.85-93.
20. Identification of a microsatellite on chromosome 7B showing a strong linkage with yellow pigment in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) / *I. Elouafi, M.M. Nachit, L.M. Martin* // Hereditas, 2001. Vol.135. pp.255-261
21. Pozniak, C.J. Identification of QTL and association of a phytoene synthase gene with endosperm colour in durum wheat / *C.J. Pozniak, R.E. Knox, F.R. Clarke, J.M. Clarke* // Theoretical Applied Genetics, 2007. Vol.114. pp.525-537.
22. Variation in endosperm protein composition and technological quality properties in durum wheat / *E. Porceddu, T. Turcetta, S. Masci, R.D. Ovivo, D. Lafiandra, D.D. Kasarda, A. Impiglia, M.M. Nachit* // Wheat: Prospects for Global Improvement. Kluwer Academic Publishers, 1998. pp.263-271

PROSPECTS FOR IMPROVEMENT IN THE DURUM WHEAT BREEDING IN MIDDLE VOLGA REGION

© 2014 P.N. Malchikov, M.G. Myasnikova, E.N. Shabolkina, N.V. Anisimkina, T.V. Ohanyan

Samara Research Scientific Institute for Agriculture, Bezenchuk, Samara region

The results of the breeding of spring durum wheat in Samara Research Scientific Institute for Agriculture on quality of grain and pasta. The evaluation of the prospects of breeding on this complex of traits. The features of promising varieties and breeding lines.

Key words: durum wheat, protein, gluten, carotenoids, vitreous, diallel analysis, breeding, variety

Petr Malchikov, Doctor of Agricultural Science, Head of Laboratory of Breeding of Durum Spring Wheat.

E-mail: sags_mal@mail.ru

Marina Myasnikova, PhD, Senior Scientist of Laboratory of Breeding of Durum Spring Wheat. E-mail: sags_mal@mail.ru

Elena Shabolkina, PhD, Head of Department of Technology and Seed and Grain Quality. E-mail: samniish@mail.ru

Nataliya Anisimkina, Head of Department of Mass Analysis. E-mail: samniish@mail.ru

Tamara Ohanyan, Junior Researcher of Laboratory of Breeding of Durum Spring Wheat. E-mail: samniish@mail.ru