

УДК 633.112.1«321» : 631.527 (571.1)

## СЕЛЕКЦИОННОЕ УЛУЧШЕНИЕ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM DURUM* DESF.) ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

© 2018 М.А. Розова, А.И. Зиборов, Е.Е. Егиазарян

ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий, г. Барнаул

Статья поступила в редакцию 06.07.2018

Эффективность селекции в повышении значимых параметров растений общепризнанна и зависит от ее длительности, условий ведения, методов, интенсивности и др. Целью исследования явилось выявление прогресса по урожайности и качеству зерна за период 1970-2017 гг. вследствие селекционного улучшения яровой твердой пшеницы на Алтае в спектре погодных и агротехнических условий. Проведено сравнительное изучение 12 местных сортов разного времени создания и сорта Харьковская 46 по урожайности, содержанию белка и клейковины и общей оценке макарон. Исследование выполнено в 2012-2016 гг. Сформировано 8 агротехнических фонов, описываемых среднесортной урожайностью от 1,10 до 3,95 т/га. Выявлено, что в процессе селекции урожайность возросла от 2,03 т/га у старых до 2,57 т/га у современных сортов и 2,75 т/га у перспективных линий. Максимальное превышение получено у сорта Оазис (+0,87 т/га). Превосходство по урожайности получено как в стрессовых (засуха в течение всего вегетационного периода, ранне-летняя засуха в комбинации с повреждением шведской мухой), так и в благоприятных условиях. Повышена стабильность урожайности – коэффициент вариации у современных сортообразцов ниже на 11-12 абсолютных процента. По коэффициенту регрессии по Eberhart, Russell все сорта относятся к высоко фенотипически стабильным. Сорт Оазис характеризуется самой высокой урожайностью в опыте и умеренной экстенсивностью, а линия Гордеиформе 748 сочетает высокую урожайность с интенсивностью. Самые высокие отклонения от линии регрессии у старого сорта Харьковская 46. Среднее содержание белка по опыту составило 15,4 % с варьированием по фонам в благоприятном диапазоне: от 14,1 до 17,2 %. Среднегрупповые значения у старых и современных сортов отличались слабо. При этом современные сорта формируют белка на единицу площади на 25 % больше (0,32 против 0,40 т/га). По содержанию клейковины современные сорта уступают старым на 1,1 абсолютных процента, а перспективные линии – на 2,2 %. Конечная оценка качества макарон у этих групп практически не отличается, что свидетельствует о сохранении качества конечных продуктов при значительном повышении урожайности.

*Ключевые слова:* селекция, яровая твердая пшеница, сорт, линия, урожайность, качество зерна и макарон, белок, клейковина.

### ВВЕДЕНИЕ

Общепризнанно, что селекция является эффективным методом повышения экономически значимых признаков культурных растений и прежде всего урожайности. Генетическое улучшение полевых культур было результативным как в благоприятных, так и в подверженных водному, температурному и другим стрессам условиях [1–6]. В Сибири за 30 лет (1977 – 2007 гг.) прогресс селекции на урожай составил по мягкой пшенице 50%, по твердой пшенице 35 %, по параметрам качества зерна соответственно 14 –

*Розова Маргарита Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции твердой пшеницы.*

*E-mail: mrosova@yandex.ru*

*Зиборов Андрей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции твердой пшеницы.*

*E-mail: ziborov-andrei@mail.ru*

*Егиазарян Егиазар Ервандович, научный сотрудник лаборатории селекции твердой пшеницы.*

*E-mail: egiazaryan.eg@mail.ru*

25% и 9 – 20 % [7]. **Целью** данного исследования явилось выявление направлений и величины повышения параметров урожайности и качества яровой твердой пшеницы в процессе ее селекционного улучшения на Алтае. Достижение данной цели послужит решению вопросов эффективности селекционной работы и разработке селекционных программ нового поколения с учетом результатов ретроспективного анализа.

Селекция яровой твердой пшеницы на Алтае ведется с 1928 г. с образования Барнаульской опытной станции. Основой селекции стал сбор образцов на территории края и внутрисортной отбор [8]. Так была создана форма «твердая местная» не уступавшая по урожайности лучшим для того времени сортам Гордеиформе 10 и Гордеиформе 432. Долгие годы после этого в силу объективных и субъективных причин селекционная работа не приобрела существенного значения и в последующие 50 лет в Алтайском крае возделывались только сорта инорайонной селекции: Гордеиформе 10, Мелянопус 69, Черноколоска и Харьковская 46 [9].

Масштабные исследования по селекции сортов твердой пшеницы были начаты после организации в 1970 г. Алтайского селекционного центра. Основным коммерческим сортом на момент создания центра и возобновления работы по твердой пшенице являлся Харьковская 46. Сорт активно использовался в гибридизации и его роль в создании новых сортов культуры в бывшем СССР и России трудно переоценить. Подавляющее число сортов отечественной селекции прямо или косвенно имеют в своей родословной Харьковскую 46. Также был проведен ряд успешных внутрисортных отборов, в том числе на Алтае был создан сорт 'Алтайка' (1980 г.), занимавший в бывшем СССР до 500 тыс. га. Сорт до сих пор используется в производстве в Республике Казахстан. В дальнейшем методом внутривидовой гибридизации с последующим индивидуальным отбором создано и допущено к производству 9 сортов, два из которых имеют допуск и в Республике Казахстан.

#### МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Материалом для постановки опытов послужили 13 сортообразцов яровой твердой пшеницы, представленные 2 старыми сортами (Харьковская 46 и Алтайка), 2 сортами, исключенными в недавнем прошлом из Реестра допущенных к использованию (Алтайская нива и Алтайский янтарь); 5 современными коммерческими сортами (Алейская, Салют Алтая, Памяти Янченко, Солнечная 573, Оазис) и 4 перспективными линиями (Гордеиформе 677, Гордеиформе 761, Гордеиформе 762 и Гордеиформе 748).

Опыты закладывали в 2012 – 2016 гг. по пару, в 2014 – 2016 гг. параллельно по непаровым предшественникам или в поздний срок по пару. Срок посева в 2012 г. – 2 мая, в 2013 г. – 14 мая, в 2014 – 2016 г. – 5 – 6 мая; поздний срок в 2015 г. – 25 мая. Опыты закладывали сеялкой ССФК-7 в четырехкратной повторности на делянках площадью 25 м<sup>2</sup> (по пару) и 10 м<sup>2</sup> по другим предшественникам с нормой высева 5 млн. всх. зерен на 1 га. Уборку проводили комбайном Сампо – 130 и Zürn.

Дисперсионный анализ выполняли по Б.А. Доспехову, расчет параметров экологической пластичности по Eberhart, Russell (1966) с помощью компьютерной программы «Статист», СибНИИСХоз, корреляционный анализ – в Excel.

Территориально опытный участок относится к зоне Приобской лесостепи Алтайского края. Период со среднесуточными температурами выше +10°С здесь длится с 7 – 14 мая по 16 – 21 сентября и сумма положительных температур составляет 2000...2100°С [10]. Среднегодовое количество осадков в зоне колеблется от 350 до

400 мм. Сумма осадков за период с температурами выше +10°С составляет 225...250 мм. Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным среднесильным, среднесуглинистым, малогумусовым.

Погодные условия во время проведения исследований существенно различались по годам. Особенности периодов вегетации твердой пшеницы представлены в таблице 1. Как видно из таблицы наблюдались значительные различия в условиях роста и развития растений, что определило варьирование среднесортной урожайности в опыте по годам от 1,10 до 3,95 т/га.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сорта, адаптированные к условиям зоны производства, лежат в основе эффективных технологий выращивания полевых культур. Создание таких сортов предполагает испытание селекционного материала в спектре экологических точек, широта которого определяется размахом варьирования условий предполагаемой зоны возделывания в пространстве и во времени. В отсутствии возможности широкого экологического испытания условия моделируются агротехническими вариантами – использованием разных предшественников, сроков посева, норм высева, фонов удобрений и т.д. [11–13].

Селекционный процесс, для достижения максимального коэффициента размножения новых генотипов, ведется на высоком агрофоне – в Алтайском селекцентре по чистому черному пару. Это обеспечивает изучение материала в достаточно благоприятных условиях (средняя многолетняя урожайность 3,20 т/га) и способствует выявлению отзывчивости или интенсивности генотипов. В жесткие по погодным условиям годы выявляется устойчивость к стрессовым факторам. Расширение спектра менее благоприятных для твердой пшеницы условий осуществляется использованием разных предшественников и сроков посева. Как видно из таблицы 2 сочетание разных по уровню обеспеченности влагой, теплом, питанием фонов обеспечило широкое варьирование среднесортной урожайности. Условия для формирования высоких урожаев отмечали в нашем опыте только при посеве по пару в оптимальные сроки в 2015, 2014 и 2013 г. Низкоурожайные условия складывались как при посеве по пару в оптимальный срок (2012 г.), так и при посеве по непаровым предшественникам (по рапсу в 2014 г.).

Дисперсионный анализ показал, что условия оказывали преобладающее влияние на варьирование урожайности – 95,5 %. Очевидно, что погодные условия лет изучения имели не меньшее значение, чем агротехнические варианты, так как варьирование урожайности твердой пшеницы

**Таблица 1.** Характеристика периода вегетации яровой твердой пшеницы, 2012 – 2016 гг.

Год	Особенности периода вегетации
2012	Высокая густота всходов и посева. Нарастающая интенсивная засуха в течение всего вегетационного периода с обильными осадками в течение 3 дней в фазу формирования зерна у среднеранних и среднеспелых форм, цветения – среднепоздних; повреждение посевов хлебным пилильщиком; низкие озерненность колоса и масса 1000 зерен
2013	Ослабленные всходы из-за мелкого эндосперма семян и холодной погоды мая; недостаток влаги в период трубкования – начала колошения; превышение осадков над климатической нормой в июле и августе при хорошей теплообеспеченности; сильное поражение посевов пыльной головней
2014	Пониженная полевая всхожесть, благоприятные условия до кущения с последующей засухой средней интенсивности в течение июня (ГТК 0,4); хорошая реализация потенциала колоса
2015	Сильное распространение вредных насекомых в начале роста и развития растений, распространение вирусных заболеваний; хорошая реализация потенциала колоса; высокие температуры от выхода в трубку до цветения; развитие грибной инфекции со средним эффектом на урожай
2016	Раннелетняя засуха средней интенсивности до начала цветения твердой пшеницы; сильное повреждение главных побегов шведской мухой; изреживание стеблестоя в период кущения – выход в трубку; обильные осадки в период формирования – созревания зерна; поражение грибными болезнями, массовое поражение зерна черным зародышем

при раннем посеве по пару имело самый широкий размах 1,10 – 3,95 т/га, а по остальным вариантам 1,63 – 2,23 т/га. Вклады сортов и взаимодействия достоверны и оцениваются в 3,9 и 0,6 %.

Сорта разных по времени создания групп ежегодно существенно отличались между собой. В среднем по опыту урожайность составила 2,53 т/га с варьированием по генотипам от 2,00 т/га (Харьковская 46) до 2,90 т/га (Оазис). Четко проявляется тенденция повышения урожайности от старых сортов к новым: старые сорта сформировали среднюю урожайность по опыту 2,03 т/га, снятые с производства – 2,42 т/га; современные сорта – 2,57 т/га и перспективные линии – 2,75 т/га. Такое ранжирование по группам сортов отмечалось практически ежегодно как в благоприятных, так и жестких условиях. Самые высокие прибавки относительно старых сортов наблюдались на фонах со среднесортной урожайностью 2,0 – 2,5 т/га (табл. 3), а самые низкие – на фонах с самой высокой

урожайностью. Следовательно, селекционные усилия были направлены на повышение общей адаптивности и устойчивости твердой пшеницы к стрессам. Исследователи отмечают, что современные сорта на невысоких фонах имеют равные показатели со старыми, но большую отзывчивость на улучшение условий [12, 14, 15]. В нашем эксперименте на наиболее жестких фонах (пар 2012 г. и рапс 2014 г.) современные и новые генотипы имели преимущество перед старыми сортами, которое в среднем оценивается в 39 и 46 % (см. табл. 3).

Учитывая особенности вегетационных периодов (табл. 1) можно сказать, что современные сорта превосходят старые по устойчивости к засухе (2012 г.) на 17 – 121 % или в среднем на 54 %; по устойчивости к скрытостебельным вредителям на фоне раннелетней засухи (2016 г.) в среднем по двум предшественникам на 28 %. У перспективных линий эти превышения еще больше: в 2012 г. величина равна 94 %, в 2016 г. – 38 %.

Повышение отзывчивости сортов на агрофон ярко проявилось только в варианте пар 2015 г. при самой высокой урожайности в опыте – 3,95 т/га. Современные и перспективные сортообразцы превосходили старые сорта в среднем на 25 и 31 % (см. табл. 2). В целом на фонах с урожайностью более 3,0 т/га эта прибавка была 12 и 22 %.

В процессе селекции изменилась не только урожайность, но и ее стабильность. Так, коэффициент варьирования урожайности старых сортов Харьковской 46 и Алтайки составил 47,9 и 49,7 %, тогда как у современных сортов он находился в рамках 31,6 – 41,8 %, новых генотипов 35,1 – 38,7 % (см. табл. 2). Значения минимальной и максимальной урожайности в лучшую сторону отличаются у современных сортообразцов. Согласно параметрам экологической пластичности по Eberhart, Russell [16] большинство изученных сортов и линий характеризуются очень высокой фенотипической стабильностью, а сорт Оазис описывается как стабильный экстенсивный и линия Гордеиформе 748 – как стабильная интенсивная (см. табл. 2). Большинство номеров имеют сильные и очень сильные отклонения от

Таблица 2. Урожайность (т/га) и показатели экологической пластичности сортообразцов яровой твердой пшеницы, 2012 – 2016 гг.

Сорт, линия	Вегетационный период, дней	Агрофон							$\bar{x}$	CV, %	x min	x max	b <sub>i</sub>	S <sub>d</sub>	
		пар 2012	пар 2013	пар 2014	пар 2015	пар 2016	рапс 2014	срок 2015							горох 2016
<b>Старые сорта</b>															
Харьковская 46	80	0,77	3,01	3,24	2,96	2,03	1,42	1,12	1,45	2,00	47,9	0,77	3,24	0,93	18,3
Алтайка	82	0,67	2,89	3,04	3,53	2,13	1,27	1,13	1,78	2,06	49,7	0,67	3,53	1,04	12,4
<b>по группе</b>		<b>0,72</b>	<b>2,95</b>	<b>3,14</b>	<b>3,24</b>	<b>2,08</b>	<b>1,34</b>	<b>1,12</b>	<b>1,62</b>	<b>2,03</b>	<b>48,8</b>				
<b>Сорта, снятые с производства</b>															
Алтайская нива	78	0,90	2,86	3,41	3,65	2,20	1,69	2,12	1,76	2,32	39,9	0,90	3,65	0,95	8,4
Алтайский янтарь	81	0,91	3,47	3,39	4,06	2,45	1,66	2,12	2,23	2,53	41,2	0,91	4,06	1,09	2,8
<b>по группе</b>		<b>0,90</b>	<b>3,16</b>	<b>3,40</b>	<b>3,86</b>	<b>2,32</b>	<b>1,68</b>	<b>2,12</b>	<b>2,00</b>	<b>2,42</b>	<b>40,6</b>				
<b>Современные сорта</b>															
Памяти Янченко	80	1,10	2,99	3,47	4,13	2,50	1,85	2,37	2,08	2,56	37,3	1,10	4,13	0,98	7,2
Салют Алтай	77	0,84	2,89	3,53	3,83	2,04	1,87	2,16	1,77	2,37	41,8	0,84	3,83	1,00	11,6
Солнечная 573	82	0,85	3,23	3,38	3,64	2,61	1,66	2,60	2,09	2,51	37,7	0,85	3,64	0,96	8,6
Алейская	85	1,17	2,93	3,17	4,27	1,96	1,76	2,49	2,27	2,50	38,3	1,17	4,27	0,96	11,8
Оазис	87	1,59	3,27	3,15	4,34	2,90	1,62	2,95	3,36	2,90	31,6	1,59	4,34	0,85	14,6
<b>по группе</b>		<b>1,11</b>	<b>3,06</b>	<b>3,34</b>	<b>4,04</b>	<b>2,40</b>	<b>1,75</b>	<b>2,51</b>	<b>2,31</b>	<b>2,57</b>	<b>37,3</b>				
<b>Перспективные линии</b>															
Гордеиформе 761	81	1,36	3,71	3,26	4,05	2,97	1,62	2,76	2,16	2,74	35,1	1,36	4,05	0,97	9,2
Гордеиформе 762	81	1,45	4,21	3,61	4,06	2,64	1,74	2,83	2,14	2,83	36,9	1,45	4,21	1,05	10,7
Гордеиформе 677	84	1,37	3,13	3,34	4,25	2,48	1,54	2,21	2,45	2,59	36,7	1,37	4,25	0,98	7,00
Гордеиформе 748	86	1,40	3,79	3,35	4,59	2,64	1,45	2,47	2,96	2,83	38,7	1,40	4,59	1,11	10,5
<b>по группе</b>		<b>1,40</b>	<b>3,71</b>	<b>3,39</b>	<b>4,24</b>	<b>2,68</b>	<b>1,59</b>	<b>2,57</b>	<b>2,43</b>	<b>2,75</b>	<b>36,8</b>				
Среднее по опыту	-	1,10	3,32	3,35	3,95	2,45	1,62	2,23	2,21	2,53					
НСР <sub>05</sub>	НСР <sub>05</sub>	0,19	0,29	0,22	0,30	0,16	0,21	0,33	0,41						
НСР <sub>05</sub> сорта 0,11 т/га, агрофоны 0,08 т/га, взаимодействия 0,31 т/га															

**Таблица 3.** Урожайность сортов яровой твердой пшеницы в зависимости от уровня агрофона

Группа сортов	Уровень агрофона, т/га					
	≤ 2,0		2,0 – 2,5		≥ 3,0	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Старые сорта	1,03	100	1,61	100	3,11	100
Снятые с производства	1,29	125	2,15	134	3,47	112
Современные	1,43	139	2,41	150	3,48	112
Перспективные линии	1,50	146	2,56	159	3,78	122
Все сорта	1,36	132	2,30	143	3,54	114

линии регрессии, у Алтайского янтаря отклонения слабые, у Памяти Янченко и Гордеиформе 677 – средние. При этом максимальные отклонения у старого сорта Харьковская 46.

Среди современных сортов и линий к числу самых урожайных относятся среднепоздние образцы Оазис (2,90 т/га) и Гордеиформе 748 (2,83 т/га) и среднеспелая линия Гордеиформе 762 (2,83 т/га). Наиболее скороспелый в наборе сорт Салют Алтая сформировал самую низкую урожайность в группе, но при этом она была выше, чем у старых сортов с большей длиной вегетационного периода.

Важным условием успешной судьбы сорта яровой твердой пшеницы является качество его зерна. Поддержание параметров качества на высоком уровне в определенной мере сдерживает рост продуктивности [17] и более того прогресс по урожайности часто сопровождается снижением качества [3, 5, 6]. Сорт Харьковская 46 известен высокими и стабильными показателями качества [18], в связи с чем селекционная работа была направлена на поддержание параметров качества новых сортов на уровне Харьковской 46 и не ниже требуемых перерабатывающей промышленности.

Как показал эксперимент содержание белка в зерне твердой пшеницы в условиях зоны достаточно высоко (табл. 4). В среднем по опыту оно составило 15,4 % с варьированием по фонам оценки от 14,1 до 17,2 %. Только в 2015 г. при позднем сроке посева два генотипа сформировали менее 13,0 % белка в зерне – величины, необходимой для получения макарон высокого класса. Больше всего белка содержалось в зерне урожая сухого и жаркого 2012 г. – 17,2 %. При посеве по пару в ранние сроки белка в твердой пшенице было больше (в среднем за 5 лет 15,9 %), чем по другим фонам (14,2 %). Посев в поздний срок по пару дал самый низкий результат, что можно объяснить созреванием сортообразцов при невысоких температурах. Усугубило ситуацию и то, что на этапах раннего развития растений отмечалось их повреждение насекомыми и сброс густоты посева. После этого растения раскустились в соответствии с их генетически детерминированным потенциалом, но развитие дополнительных побегов отставало, что привело к разновозрастности колосоносных

побегов и затягиванию сроков уборки. Между содержанием белка и урожайностью отмечалась отрицательная связь средней силы (-0,62).

Анализ показал, что старые сорта и особенно Харьковская 46 имеют лучшие показатели содержания белка (см. табл. 4). Близки к ним современные коммерческие сорта, среднее значение которых равно 15,6 %, что на 0,2 % ниже. Далее в убывающем порядке следуют снятые с производства сорта (15,2 %) и перспективные линии (15,0 %). Различия по группам укладываются в 0,8 % и они связаны с повышением зерновой продуктивности, так как сбор белка с 1 га вырос: у старых сортов он составлял 0,32 т/га, снятых с производства – 0,37 т/га, современных сортов – 0,40 т/га и перспективных линии – 0,41 т/га.

В разрезе сортов и линий наблюдали значительные различия. Наилучшие результаты получены у современных сортов Салют Алтая (16,4 %) и Солнечная 573 (16,4 %), а так же у старого сорта Харьковская 46 (16,0 %). Они имеют близкие значения минимальных величин, а по максимальным современные сорта превосходят старый более чем на 1,0 %. К тому же, имея более высокий урожай, они имеют преимущество по формированию белка на единицу площади: 0,32 т/га у Харьковской 46, 0,39 т/га у Салюта Алтая и 0,41 т/га у Солнечной 573.

Наиболее продуктивные сортообразцы формировали меньше белка в зерне: Гордеиформе 762 (14,6 %), Гордеиформе 761 (14,8 %) и Оазис (14,8 %). Для повышения содержания белка у таких сортов необходимо дополнительное азотное питание, поскольку с урожаем они выносят на 40 % больше азота (и других элементов питания) по сравнению с Харьковской 46. Тем не менее, в селекционной практике следует предпринять ряд мер (ужесточение критериев отбора, расширение объема скрещиваний с высокобелковыми генотипами, корректировку схем скрещиваний и др.), направленные на повышение содержания белка и, как будет показано далее, клейковины.

Коэффициент вариации содержания белка был минимальным из изучаемых параметров: по генотипам от 2,1 до 6,6 %. Выраженных отличий по группам сортов не наблюдалось. Немного меньше коэффициенты вариации признака среди снятых с производства сортов.

Таблица 4. Показатели качества сортов яровой твердой пшеницы разного времени создания

Сорт, линия	Содержание белка, %			Содержание клейковины, %			Общая оценка макарон, балл					
	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$	min	max	CV, %		
Старые сорта												
Харьковская 46	16,0	14,8	17,3	4,7	34,2	31,1	36,5	7,2	4,1	3,8	4,4	5,4
Алтайка	15,6	13,8	17,1	6,3	33,5	28,9	36,6	11,3	3,8	3,2	4,0	7,2
среднее	<b>15,8</b>	<b>14,3</b>	<b>17,2</b>		<b>33,8</b>	<b>30,0</b>	<b>36,6</b>		<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,2</b>	
<b>Сорта снятые с производства</b>												
Алтайская нива	15,4	14,0	18,2	3,4	31,3	28,1	37,8	7,6	3,5	3	4,0	10,6
Алтайский янтарь	14,9	13,7	17,3	2,1	31,7	27,4	38,8	11,4	3,7	3,1	4,2	9,3
среднее	<b>15,2</b>	<b>13,8</b>	<b>17,8</b>		<b>31,5</b>	<b>27,8</b>	<b>38,3</b>		<b>3,6</b>	<b>3,0</b>	<b>4,1</b>	
<b>Современные сорта</b>												
Памяти Янченко	15,4	13,8	16,6	6,6	32,2	28,8	35,1	8,6	3,6	3,2	4,2	7,9
Салют Алтай	16,4	14,8	18,4	5,2	34,0	29,8	36,9	9,9	3,8	3,6	4,2	9,0
Солнечная 573	16,4	14,5	18,5	4,8	35,5	31,7	40,1	9,2	4,5	4,1	4,8	6,5
Алейская	15,0	13,6	16,2	6,2	30,8	26,2	34,3	12,8	3,5	3,2	3,9	8,4
Оазис	14,8	13,0	16,8	4,2	31,0	26,9	37,3	9,9	3,6	3,4	3,9	5,9
среднее	<b>15,6</b>	<b>13,9</b>	<b>17,3</b>		<b>32,7</b>	<b>28,7</b>	<b>36,7</b>		<b>3,8</b>	<b>3,5</b>	<b>4,2</b>	
<b>Перспективные линии</b>												
Гордейформе 761	14,8	12,7	16,8	6,1	31,9	26,2	34,7	9,0	4,0	3,8	4,2	3,1
Гордейформе 762	14,6	12,6	16,3	5,2	30,9	26,7	34,2	6,9	4,0	3,6	4,2	5,4
Гордейформе 677	15,4	13,5	17,0	3,6	31,3	28,4	33,9	5,0	4,2	3,6	4,5	8,4
Гордейформе 748	15,3	13,9	17,6	4,0	32,2	28,5	37,6	5,3	3,9	3,5	4,2	5,7
среднее	<b>15,0</b>	<b>13,2</b>	<b>16,9</b>		<b>31,6</b>	<b>27,4</b>	<b>35,1</b>		<b>4,0</b>	<b>3,6</b>	<b>4,3</b>	
среднее по опыту	<b>15,4</b>	<b>13,8</b>	<b>17,2</b>		<b>32,3</b>	<b>28,4</b>	<b>36,4</b>		<b>3,9</b>	<b>3,5</b>	<b>4,2</b>	

Содержание клейковины в крупке по годам имело положительную корреляцию с содержанием белка. В нашем опыте она высокая и составляет 0,90. Однако на фенотипическом уровне она существенно ниже – 0,66, что связано с различиями в соотношении белка и клейковины у разных генотипов (от 1,0:2,0 до 1,0:2,2).

В среднем по опыту крупка твердой пшеницы содержала 32,3 % сырой клейковины с варьированием по фонам от 29,8 % при посеве по рапсу в 2014 г. до 35,9 % по пару в 2012 г. Четких различий по признаку между зерном пшеницы, полученным при раннем посеве по пару (значения от 30,7 до 35,9 % при среднем 32,8 %) и другими вариантами (29,8 – 33,5 %; 31,5 %) не выявлено и можно только констатировать снижение показателей по рапсу в 2014 г.

Средние значения содержания клейковины свидетельствуют о преимуществе старых сортов, в частности Харьковской 46, над другими сортами (табл. 4). При этом второе место занимают современные коммерческие сорта. Группа отличается неоднородностью: Солнечная 573 и Салют Алтая относятся к лидерам, Памяти Янченко имеет хорошие результаты, а два позднеспелых сорта имеют низкий уровень минимального значения. Особенно это относится к сорту Алейская, который характеризовался пониженным содержанием клейковины в четырех случаях из восьми. Сорт Оазис по пару содержал от 29,0 до 37,3 % клейковины, в остальных вариантах от 26,9 до 33,0 %. Перспективные урожайные линии, за исключением Гордеиформе 748, уступали старым и современным сортам.

В пересчете на выход с 1 га старые сорта формировали 0,69 т клейковины, снятые с производства – 0,76 т, современные – 0,84 т и перспективные линии – 0,87 т.

Вариабельность содержания клейковины невысокая и только у трех сортов разного времени создания превосходит 10 % рубеж (см. табл. 4).

Общая оценка макарон является производной от пяти показателей: цвета, прочности, разваримости по весу, по объему и потерь при варке. Основной вклад в признак вносят показатели цвета и потерь при варке, поскольку они меняются от генотипа к генотипу, тогда как прочность макарон у всех сортов высокая, а разваримость по весу и объему слабо отличаются по генотипам. В среднем по опыту оценка составила 3,9 балла – «хорошо» (см. табл. 4), с варьированием по фонам от 3,5 (2013 г., пар) до 4,1 балла (2015 г. ранний и поздний посевы по пару). Абсолютным лидером среди всех сортов является Солнечная 573 со средним значением 4,5, минимальным – 4,1 и максимальным – 4,8 балла. Хорошие показатели у Харьковской 46 и Гордеиформе 677. В среднем по группам равные позиции имеют старые сорта и перспективные

линии. Группа современных сортов несколько уступает им по среднесортной оценке при практически равных показателях минимального и максимального значения. Коэффициент варьирования общей оценки небольшой и он намного ниже у перспективных линий.

## ВЫВОДЫ

В процессе селекции яровой твердой пшеницы на Алтае достигнут существенный прогресс по величине и стабильности урожайности. Современные сорта превзошли старые на 27 %, отдельные – до 43 %; перспективные генотипы – на 35 %.

Рост урожайности и ее стабильности обеспечивался повышением стрессоустойчивости, включая засухоустойчивость, общей адаптивности и отзывчивости на агрофон. Устойчивость к засухе в течение всего вегетационного периода повысилась у современных сортов на 54 %, у перспективных линий – на 94 %; устойчивость к повреждению скрытостебельными вредителями при раннелетней засухе на 28 и 38 % соответственно. Отзывчивость на агрофон выраженная через максимально реализованную урожайность была выше у современных сортов и перспективных линий на 25 и 31 %.

Прогресс по показателям содержания белка и клейковины заключается в повышении их сборов с единицы площади на 25 % для коммерческих сортов и 28 % для перспективных линий.

Селекционные усилия были направлены на поддержание уровня, заданного высококачественным старым сортом Харьковская 46. Согласно общей оценке макарон качество современных сортов и линий удалось сохранить на уровне Харьковской 46.

Созданы и коммерциализированы новые сорта Салют Алтая и Солнечная 573, сочетающие высокие продуктивность и содержание белка, клейковины и хорошее качество макарон.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность персоналу лаборатории оценки качества зерна (заведующая Ирина Викторовна Голованова) за выполненную по теме исследований работу.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Trethowan R.M.* Breeding wheat for marginal environments. In: Research Highlights of the CYMMIT

2. Wheat program 1999 – 2000. Mexico, D.F. 2001;13–17.
2. *Trethowan R.M., Ginkel M. Van, Rajaram S.* Progress in breeding wheat for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Sci.* 2002; 42:1441-1446.
3. *Užik M., Žofajova A., Hankova A.* Breeding progress in grain yield and quality of winter wheat cultivar. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 2009; 55(1):26-32.
4. *Maplestone P., Carter R., Clarke J., Tompkins S.* Review of objectives of modern plant breeding and relation to agricultural sustainability. 2015. available at [http://www. bspb.co.uk/sg\\_userfiles/15-06-01\\_Review\\_of\\_objectives\\_of\\_modern\\_plant\\_breeding\\_and\\_relation\\_to\\_agricultural\\_sustainability-Report\\_Update.pdf](http://www. bspb.co.uk/sg_userfiles/15-06-01_Review_of_objectives_of_modern_plant_breeding_and_relation_to_agricultural_sustainability-Report_Update.pdf)
5. *Fisher R.A., Edmeades G.O.* Breeding and cereal yield progress. *Crop Sci.* 2010; 50: 85-98. DOI 10.2135/cropsci.2009.10.0564
6. *Laiding F., Piepho H.P., Rentel D., Drobek T., Meyer U., Huesken A.* Breeding progress, environmental variation and correlation of winter wheat yield and quality traits in German official variety trials and on-farm in 1983-2014. *TAG.* 2017; 130(1): 223-245. DOI 10.1007/s00122-016-2810-3
7. *Гамзиков Г.П., Носов В.В.* Роль элементов питания в повышении урожайности яровой пшеницы в Сибири // Питание растений. 2010. № 1. С. 7-11.
8. Отчет отдела селекции за 1930 год. Барнаул: типография ЗСКПТ №5. 1932.
9. *Янченко В.И., Мельник В.М., Розова М.А.* Итоги и перспективы селекции твердой пшеницы в Алтайском крае // Селекция яровой пшеницы для засушливых районов России и Казахстана. Барнаул, 2001. С. 188-205.
10. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. Л., 1971.
11. *Моргунов А.И., Наумов А.А.* Селекция зерновых культур на стабильность урожайности: обзорная информация. М. 1987. 61 с.
12. *Зыкин В.А., Шаманин В.П., Белан И.А.* Экология пшеницы. Омск, 2000. 124 с.
13. *Розова М.А., Янченко В.И., Мельник В.М.* Экологическая пластичность яровой твердой пшеницы в условиях Алтая. Барнаул, 2010. 151 с.
14. *Canega V.A.* Об урожайности и адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы // Селекция и семеноводство. 2005. № 3. С. 2-5.
15. *Canega V.A.* Оценка параметров среды в пунктах сортоиспытания и адаптивной способности сортов яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья. *Сельскохозяйственная биология.* 2008. № 1. С. 55-59.
16. *Eberhart S.A., Russell W.A.* Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966; 6: 36-40. DOI 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
17. *Clarke J.M., Clarke F.R., Pozniak C.J.* Forty-six years of genetic improvement in Canadian durum wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 2010; 90:791 – 801. DOI 10.4141/cjps10091
18. *Дорофеев В.Ф.* Пшеницы мира. / В.Ф. Дорофеев, Р.А.Удачин, Л.В.Семенова, М.В.Новикова, О.Д. Градчанинова, И.П. Шитова, А.Ф. Мережко, А.А. Филатенко. Л., 1987.

## BREEDING IMPROVEMENT OF SPRING DURUM WHEAT (*TRITICUM DURUM* DESF.) FOR YIELD AND GRAIN QUALITY IN ENVIRONMENTS OF ALTAI TERRITORY

©2018 M.A. Rozova, A.I. Ziborov, E.E. Egiazaryan

Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnology, Barnaul

It is commonly accepted that breeding is an effective approach to enhance valuable traits and its progress depends on how long it is carried out, conditions and environments, methods used, its intensity etc. The aim of the research was to reveal progress for yield, grain and macaroni quality for the period 1970-2017 due to breeding improvement of spring durum wheat in Altai at varied environments and technological practices. Comparative study of 12 local varieties developed in different periods and the cultivar Kharkovskaya 46 was fulfilled for yield, protein, gluten content and total macaroni score. The experiment took place in 2012–2016 and 8 agro-technological backgrounds with mean varietal yield 1,10...3,95 t/ha were organized. It was established that breeding conditioned the yield increase from 2,03 t/ha of old cultivars up to 2,57 t/ha of modern ones and 2,75 t/ha of advanced lines. Maximal surplus was obtained for Oasis cultivar (+0,87 t/ha). Yield advantage was observed both in stressed (drought during entire growing period, early summer drought combined with frit fly injury) and favorable environments. Yield stability grew up – variation coefficient of yield of modern cultivars and lines was 11-12 absolute percent lower. Regression coefficient after Eberhart&Russell described all the varieties with high phenotypic stability. Cultivar Oasis had the highest yield in the trail and some extensity and the line Hordeiforme 748 combined high yield with moderate responsiveness. Kharkovskaya 46 had the highest deviation from regression line. Protein content (trail mean) made up 15,4 % with variation in favorable zone from 14,1 till 17,2 %. Mean values for groups of old and modern cultivars had small difference. At this modern cultivars produced more protein per unit of area by 25 % (0,32 vs. 0,40 t/ha). As for gluten content they were inferior to old ones by 1,1 absolute percent and advanced lines by 2,2 %. Total macaroni scores of these groups were practically equal and this means that the quality of final products was saved while yield was essentially increased.

*Keywords:* breeding, spring durum wheat, cultivar, line, yield, grain and macaroni quality, protein, gluten.

*Margarita Rozova, Candidate of Science, Agriculture, Leading Researcher of the Laboratory of Durum Wheat Breeding. E-mail: mrosova@yandex.ru*

*Andrey Ziborov, Candidate of Science, Agriculture, Senior Researcher of the Laboratory of Durum Wheat Breeding. E-mail: ziborov-andrei@mail.ru*

*Eguiazar Eguiazaryan, Researcher of the Laboratory of Durum Wheat Breeding. E-mail: egiazaryan.eg@mail.ru*