

## РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ С УКОРОЧЕННОЙ СОЛОМИНОЙ

П.Н. МАЛЬЧИКОВ<sup>1</sup>, В.С. СИДОРЕНКО<sup>2</sup>, М.Г. МЯСНИКОВА<sup>1</sup>, М.А. РОЗОВА<sup>3</sup>,  
А.А.МУДРОВА<sup>4</sup>, В.И. ЦЫГАНКОВ<sup>5</sup>, Л. А. МУХИТОВ<sup>6</sup>, Ф.В. ТУГАРЕВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «САМАРСКИЙ НИИСХ ИМЕНИ Н.М.ТУЛАЙКОВА»

<sup>2</sup>ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

<sup>3</sup>ФГБНУ «АЛТАЙСКИЙ НИИСХ»

<sup>4</sup>ФГБНУ «КРАСНОДАРСКИЙ НИИСХ ИМЕНИ П.П.ЛУКЪЯНЕНКО»

<sup>5</sup> АКТЮБИНСКАЯ СХОС

<sup>6</sup>ФГБНУ «ОРЕНБУРГСКИЙ НИИСХ».

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

*Оптимизация высоты растений яровой твердой пшеницы – неотъемлемый атрибут селекционных программ во всех регионах её возделывания. Цель исследований заключалась в анализе методов селекции по признаку короткостебельности и изучении сортов и селекционных линий с различными генами редукции высоты растений в контрастных климатических зонах. Полевые эксперименты, включавшие среднерослые и низкорослые генотипы, проведены в экологических пунктах Среднего Поволжья (Безенчук), Западной Сибири (Барнаул), Урала (Курган, Оренбург), Казахстана (Актюбинск), Нижнего Поволжья (Волгоград), Центрального Черноземья (Орёл) и Северного Кавказа (Краснодар) и в экологических точках КАСИБ. В результате проведённых исследований предложены для применения в селекции по оптимизации высоты растений сорта носители генов редукции высоты растений твердой пшеницы: *RhtAnh* – для степных регионов (Безенчукская золотистая, Безенчукская 210, 1368Д – 18), *RhtB1b* – для Черноземья и Северного Кавказа (1591Д-21).*

**Ключевые слова:** сорт, среднерослость, низкорослость, гены редукции, высота растений, адаптивность, устойчивость, полегание, патогены, качество.

В настоящее время среди селекционеров и исследователей, ведущих селекцию и изучение пшеницы, есть общее представление о том, что селекционный процесс по совершенствованию этой культуры по всему миру, был связан с последовательным снижением высоты растений в течение всего XX века [1]. Наиболее эффективным селекционно-генетическим способом снижения высоты растений было использование соответствующих генов короткостебельности. В результате, после длительной работы по введению в пшеницу адекватных для каждого региона её выращивания генов системы *Rht*, в том числе их комбинаций, высота растений в большинстве стран и регионов находится в пределах оптимальных значений. Очевидна выгода применения генов редукции высоты в условиях провоцирующих полегание посевов пшеницы, часто снижающее величину урожайности на 30-40%. Кроме того, практически весь прогресс в селекции пшеницы в мире, который наблюдался начиная с середины XX века, был обеспечен перераспределением биомассы в пользу зерновой части, где наиболее эффективным методом селекции было применение генов редукции высоты растений. В тоже время было установлено, что низкорослость может иметь отрицательные последствия в условиях засухи, когда возникают ситуации, в которых рост зерна ограничен резервом ассимилятов, накопленных в верхних междоузлиях перед цветением [2]. Кроме того, корнеобеспеченность единицы надземной биомассы (отношение: корни/надземная биомасса) у низкорослых сортов на 29,0% меньше, чем у высокорослых [3]. Это во многом объясняет негативные отношения между высотой растений твердой пшеницы и урожаем зерна в условиях средней – суровой засухи. Компенсировать негативное влияние низкорослости и повысить уровень продукционного

процесса короткостебельных сортов можно путем интенсификации технологий возделывания или увеличением эффективности фотосинтеза в процессе их селекции. Сложность селекционной задачи объясняется консервативностью признаков фотосинтеза. В зарубежной литературе отсутствует информация, подтверждающая систематическое в процессе селекции улучшение показателей фотосинтеза на уровне активности единиц, как листового индекса, так и фотосинтетической единицы (хлоропласта) [4]. Фотосинтез единичного листа не связан с увеличением урожайности. Хотя в отдельные периоды вегетации максимальный фотосинтез был все-таки зафиксирован на сортах современных генераций, в частности СИММУТ, что было связано с увеличением устьичной проводимости [5]. Селекция на увеличение общего накопления биомассы (интегральный показатель эффективности фотосинтеза), как, например, в случае некоторых сортов твердой пшеницы, была результативной, но определялась увеличением продолжительности вегетации, что не всегда (зависимость от региона, агрофона, условий года в одном регионе и др.) благоприятно для зерновой продуктивности. Определенные возможности в этом направлении совершенствования продукционного процесса пшеничного растения предоставляет отдаленная гибридизация и включение в геном пшеницы транслокаций от других видов. В частности транслокация (1B/1R), несущая сегмент ржаной хромосомы, повысила потенциал фотосинтеза листа, устьичной проводимости и устойчивость к стрессовым факторам. Аналогичный эффект отмечен при изучении влияния на продукционный процесс транслокации от *Agropirum elongutum*, несущей ген устойчивости к бурой ржавчине – *Lr 19* [6]. Эти генетические системы целесообразно использовать для компенсации отрицательных эффектов сильных генетических систем ингибирующих рост стебля (гены *Rht*).

В России наиболее успешным введение генов *Rht* было осуществлено на мягкой озимой пшенице, начатое ещё П.П. Лукьяненко (1975) и реализованное во всех современных сортах, как мягкой, так и твердой озимой пшеницы Краснодарской селекции [7]. Ряд современных отечественных сортов яровой мягкой пшеницы, предназначенных для возделывания в засушливых регионах, также несут гены редукции высоты растений [8].

Первые попытки создания коммерческих сортов яровой твердой пшеницы с укороченной соломиной, сделанные в 70-е годы в бывшем СССР не имели успеха. По данным В.С. Голика (2008) образцы короткостебельных сортов твердой пшеницы из Мексики, Чили, Италии, Индии, Австралии, изученные в условиях Восточной Украины (г. Харьков), сильно страдали от засухи, особенно в период налива зерна, имели мелкое недовыполненное зерно и уступали по урожайности местным высокорослым сортам. Использование их в гибридизации способствовало созданию устойчивого к полеганию селекционного материала, но, одновременно с уменьшением высоты растений произошло снижение массы зерновки, ее выполненности, что не позволило перейти к формированию нового морфофизиологического типа яровой твердой пшеницы в условиях Юго-Востока Украины. Аналогичный эффект получен от применения в гибридизации короткостебельных сортов из Канады (RD-3-2, RD-3-3) в Самарском НИИСХ. В процессе отбора растений в гибридных популяциях по засухоустойчивости, продуктивности, озерненности колоса и урожайности с единицы площади, отчетливо проявилась пониженная конкурентоспособность низкорослых линий. Н.С. Васильчук (2001) пришел к заключению, что в селекции твердой пшеницы на устойчивость к полеганию в крайне засушливых условиях Поволжья чрезвычайно трудно добиться положительных сдвигов путем кардинального изменения высоты растений. Высокослый морфотип с упругой соломиной и повышенной адаптивностью, признан перспективным в этом регионе для селекции на устойчивость к полеганию. По мнению Р.А. Цильке (1983) для условий недостаточного увлажнения короткостебельные сорта вообще неприемлемы, и проблему полегания в этих регионах необходимо решать за счет полигенных систем, контролирующих длину стебля, исключив из состава доноров носителей генов с сильным индивидуальным эффектом. Накопление минорных генов «собранных» в полигенные системы, видимо, имеет место в селекционной практике яровой твердой пшеницы. Например, самый высокорослый сорт

твердой пшеницы Самарского НИИСХ Безенчукская 139 был создан в 1980 году. Все последующие сорта незначительно, но отличались от него укороченным стеблем. Это незначительное снижение высоты растений сопровождалось укрупнением колоса (Безенчукская 182, Безенчукская степная) или увеличением кустистости у позднеспелых сортов (Безенчукский янтарь). Во всяком случае, высокорослый морфотип, по нашему мнению, близок к исчерпанию возможностей эффективного совершенствования в степных районах России [9]. Аналогичный результат получен при изучении изогенных линий яровой мягкой пшеницы сорта Новосибирская 67, где представлены данные пониженной урожайности изолиний с высоким ростом в сравнении с рекуррентным сортом и сделано заключение о бесперспективности дальнейшего увеличения высоты растений в Западной Сибири. К такому же заключению пришли в процессе изучения яровой твердой пшеницы высокорослого морфотипа в Алтайском НИИСХ [10]. Эти факты свидетельствуют о том, что отбор крупноколосых форм, при сохранении продолжительности периода формирования колоса, приводит к частичному подавлению роста соломины и смещению конкурентных отношений между этими органами в пользу колоса.

В настоящее время идентифицирован 21 ген короткостебельности, из них в селекционных программах наибольшей популярностью пользуются гены – *Rht 1*, *Rht 2*, *Rht 8*, *Rht 9* [11]. *Rht 1* и *Rht 9*, локализованные на 4А и 7Вs хромосомах, могут применяться в селекции твердой пшеницы. Гены *Rht 14*, *Rht 15*, *Rht 16*, *Rht 18*, *Rht 19*, получены в результате индуцированного мутагенеза на сортах твердой пшеницы. А.А.Альдерову (2001) на Дагестанской опытной станции ВИР удалось интрогрессировать в *Triticum durum* гены, контролирующие низкорослость от диплоидного вида *Triticum sinskajae* (SIS2), от гексаплоидного вида *Triticum aestivum* – Том Pouce (*Rht 3*) и от *Triticum dicoccum* – k-25459 (*rhtx 1*, *rhtx 2*). Предполагается, что в зависимости от действия и взаимодействия генов редукции высоты растений в геноме твердой пшеницы и условий среды, для конкретной экологической зоны можно подобрать адекватные аллели или их сочетания.

Таким образом, снижение высоты растений яровой твердой пшеницы, в том числе с применением высокоэкспрессивных генов, в условиях резко континентального, засушливого климата – сложная задача. В тоже время реализация этой задачи может иметь положительный эффект на потенциал продуктивности колоса, устойчивость к полеганию, параметры ценоза и отзывчивость на интенсивные агротехнологии. В засушливых регионах необходимо учитывать степень засухоустойчивости исходного материала, качественные показатели зерна и конечной продукции. Успех селекции в этом направлении возможен при условии предварительного создания соответствующих доноров короткостебельности, обладающих комплексом адаптивности к широкому спектру лимитирующих факторов среды, в предполагаемой зоне коммерческого использования будущих сортов.

В связи с этим цель исследований заключалась в создании и изучении в широком диапазоне условий среды генотипов яровой твердой пшеницы с укороченной соломиной и в идентификации среди них, с одной стороны, адаптированных к стрессовым факторам степных регионов, с другой – высокоурожайных и устойчивых к полеганию, листовым болезням в условиях Центрального Черноземья и Юга России, обладающих достаточным уровнем неспецифического гомеостаза, трактуемого как устойчивость в онтогенезе к «поток» трудно контролируемых, лимитирующих факторов среды конкретной территории, экопункта, полевого сезона.

#### **Материал и методы исследований**

Создание исходного материала для селекции и изучения генотипов низкорослого морфотипа проведено на основе низкорослых и среднерослых аналогов сортов Безенчукская 139, Харьковская 9 и Харьковская 46, полученных в НИИСХ Юго-Востока, несущих гены *RhtB1b*, *RhtAnh*, *RhtAz* [12]. В Самарском НИИСХ эти аналоги (Гордеиформе 941 и Гордеиформе 944 – аналоги Безенчукской 139, несущие гены *RhtB1b* и *RhtAZ* соответственно, Гордеиформе 942 – аналог Харьковской 9 с геном *RhtB1b*, Апуликум 943 – аналог Харьковской 46 с геном *RhtAnh*) были изучены в многолетнем эксперименте. Кроме

того, лучшие низкорослые аналоги и высокорослые сорта отечественной селекции были изучены в одном блоке с низкорослыми сортами, полученными из международного центра улучшения пшеницы и кукурузы (CIMMYT) и селекционными линиями, полученными из Италии (фирма Agroservis «SPA»). Лучшие аналоги с генами редукции высоты растений *RhtB1b*, *RhtAZ*, *RhtAnh* были включены в гибридизацию. Работа с полученным гибридным материалом и селекция адаптированных низкорослых генотипов твердой пшеницы, была проведена в течение длительного периода в условиях полевых экспериментов в Самарском НИИСХ. Сорта Безенчукская золотистая, Безенчукская 210, несущие ген *RhtB1b*, изучены в системе экологических испытаний КАСИБ (казахстанско-сибирская селекция пшеницы). Урожайность и её стабильность низкорослых форм селекции Самарского НИИСХ Безенчукская 209 (ген *RhtB1b* от Cossorit 71), 1591д-21 (ген *RhtB1b* от Cossorit71 или от мексиканского сорта Anser 10). Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, 1368Д-18 (несущих ген редукции высоты растений *RhtAnh* от мексиканского сорта Ahninga) изучены в различных условиях среды, включавших следующие экопункты: Барнаул (Алтайский НИИСХ), Курган (ООО «Курган-Семена»), Безенчук (Самарский НИИСХ), Оренбург (Оренбургский НИИСХ), Волгоград (Волгоградский ГАУ), Актюбинск (Казахстан, Актюбинская СХОС), Орёл (ВНИИЗБК), Краснодар (Краснодарский НИИСХ). Полевые эксперименты во всех пунктах проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта. Площадь делянки составляла – 5,0 м<sup>2</sup> в Краснодаре, 10,0-20,0 м<sup>2</sup> в остальных пунктах, повторность 3-4-х кратная. Фоном для сравнения в Волгограде, Безенчуке, Актюбинске, Оренбурге, Кургане, Барнауле были высокорослые сорта единого состава, подобранные по историческому, отражающему основные этапы селекции яровой твердой пшеницы в России, и эколого-географическому (оригинаторами сортов являются селекционные учреждения из Поволжья и Сибири) принципам. В Краснодаре и Орле сравнение проведено с местными стандартами. Полученные экспериментальные данные исследованы методами дисперсионного анализа и статистическими методами оценки относительной стабильности признаков (*Sgi*) и селекционной ценности генотипов (*СЦГi*) по [13].

#### Условия проведения экспериментов

Самые жёсткие, крайне засушливые условия среды сложились в эксперименте с единым набором сортов (Волгоград, Безенчук, Актюбинск, Оренбург, Курган, Барнаул) в Оренбурге в 2016г. и в Волгограде в 2014 году. Средней силы стрессовые факторы действовали в Безенчуке в 2015-2016 гг., в Волгограде в 2015, в Актюбинске – в 2016 году. Относительно благоприятные условия наблюдались в Кургане в 2014-2015 гг. и в Барнауле в 2016 году. Благоприятные условия отмечались в Барнауле в 2014-2015 гг. и в Безенчуке в 2014 году с уровнем урожайности в среднем по эксперименту – 5,1 ц/га, 8,4 ц/га, 13,3 ц/га, 15,5 ц/га, 14,6 ц/га, 14,7 ц/га, 21,4 ц/га, 23,4 ц/га, 23,7 ц/га, 35,0 ц/га, 39,5 ц/га, 28,2 ц/га соответственно порядку экопунктов, представленных выше.

В Краснодаре в 2015-2016 гг. формирование урожая проходило в комфортных условиях, что позволило определить потенциал продуктивности сортов. В Орле в 2016 и 2017 гг. наблюдалось сильное полегание и значительное развитие септориозной листовой пятнистости. Тем не менее, урожайность лучших сортов твердой пшеницы превысила уровень 50,0 ц/га.

#### Результаты исследований

Полученные низкорослые / среднерослые аналоги сортов Безенчукская 139 и Харьковская 9 были конкурентоспособны относительно рекуррентных родительских сортов и их высокорослых аналогов, но уступали по степени адаптивности и урожайности новым высокорослым сортам [14]. Это объясняется тем, что в период создания низкорослых аналогов, параллельно проведённый селекционный процесс на основе другого исходного материала был эффективным, в результате получены трансгрессивные по адаптивности и урожайности сорта Безенчукская 182 и Безенчукский янтарь. Тем не менее, применение низкорослых аналогов местных генотипов было более успешным, чем использование в качестве исходного материала низкорослых сортов зарубежной селекции. Возможно, что

неудачи в попытках прямого использования иностранных доноров низкорослости объясняются нежелательным генетическим сцеплением локусов, содержащих *Rht* гены с полигенным комплексом, обеспечивающим формирование неспецифического гомеостаза к трудно контролируемым лимитирующим факторам среды в течение онтогенеза растений. Очевидно, что отсутствие реакции неспецифического гомеостаза значительно снижает уровень продукционных процессов и урожай зерна иностранных короткостебельных сортов. В частности, короткостебельные сорта СИММУТ, отличаясь хорошей устойчивостью к листовым болезням, в том числе к листовым пятнистостям (которые имеют значительное видовое разнообразие и изменчивость в зависимости от условий региона), существенно, в многолетнем эксперименте уступили по урожайности высокорослым сортам отечественной селекции и их аналогам с генами редукции высоты растений (табл. 1).

Таблица 1

**Урожайность и устойчивость к стрессовым факторам высокорослых сортов твёрдой пшеницы, их низкорослых (ген *RhtB1b*), среднерослых (гены: *RhtAnh*, *RhtAZ*) аналогов и короткостебельных (низкорослых) сортов селекции СИММУТ (Мексика), Безенчук, (1996-2001 гг.)**

Сорт	Генетич. система контроля высоты растений	Урожайность, ц/га	Урожайность в % к Б182	Коэфф. Засухоустойчивости	Поражение болезнями		
					листовые пятнистости	<i>Puccinia recondita</i> , тип/%	<i>Blumeria graminis</i> тип/%
Харьковская 9	Нет генов <i>rht</i>	12,9	77,2	13,0	32,0	2-3/5	3/10
Безенчукская 139	Нет генов <i>rht</i>	12,5	74,9	12,1	39,9	2-3/7,5	4/35
Горд.942	<i>RhtB1b</i>	13,1	78,4	12,5	34,5	3/10	3/15
Горд.941	<i>RhtB1b</i>	12,3	73,7	11,9	42,0	3-4/10	4/40
Апулик.943	<i>RhtAnh</i>	11,1	66,5	11,7	45,3	4/10	4/40
Горд.944	<i>RhtAZ</i>	12,4	74,3	12,4	38,7	3-4/10	4/40
Безенчукская 182	Нет генов <i>rht</i>	16,7	100,0	14,1	37,5	2-3/7,5	4/25
Tarro	<i>RhtB1b</i>	9,1	54,5	7,2	35,0	0/0	3/10
Podiceps 9	карликовый фенотип	9,3	55,7	6,1	42,0	0/0	3/10
Altar 84	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	7,9	47,3	5,3	25,0	0/0	2/5
Musk 1	карликовый фенотип	9,5	56,9	7,4	30,0	0/0	3/10
Anser 10	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	7,9	47,3	6,8	19,2	0/0	2/5
Shag 9	карликовый фенотип	8,9	53,3	7,5	25,0	0/0	2/5
НСР <sub>0,05</sub>	-	1,3	-	-	-	-	-

Аналогичный результат по урожайности современного селекционного материала из Италии получен в опытах, где были изучены сорта как высокорослые, так и с различными генами редукции высоты, созданными в Самарском НИИСХ на основе низкорослых аналогов сортов предыдущих этапов селекции (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность и её стабильность (CV, Ном) современных короткостебельных сортов итальянской селекции (фирма Agroservis «SPA»), высокорослых, низкорослых и среднерослых сортов, созданных в Самарском НИИСХ, Безенчук, 2012-2016 гг.**

Сорт	Оригинатор	Генетич. система контроля высоты растений	Урожайность по годам, ц/га						Урожай % к БСт.	Параметры стабильности	
			2012	2013	2014	2015	2016	X		CV, %	Ном
Б.Ст.	СНИИСХ	нет генов <i>Rht</i>	17,7	17,9	32,1	20,4	13,2	20,3	100,0	35,2	3,0
Б.Н	СНИИСХ	нет генов <i>Rht</i>	17,0	18,6	35,7	20,3	18,2	21,9	108,3	35,4	3,3
Б.205	СНИИСХ	нет генов <i>Rht</i>	19,0	18,7	29,0	17,9	18,8	20,7	102,1	22,6	9,1
Б.210	СНИИСХ	<i>RhtAhn</i>	18,6	19,8	33,6	23,3	18,1	22,7	112,0	28,4	5,2
Б.З	СНИИСХ	нет генов <i>Rht</i>	18,0	18,3	33,2	20,4	19,1	21,8	107,5	29,5	4,9
Б.209	СНИИСХ	<i>RhtB1b</i>	16,8	16,6	34,7	18,6	16,2	20,6	101,7	38,6	2,9
ISD16	Италия	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	4,6	11,9	5,5	19,8	10,1	10,4	51,2	58,7	1,2
ISD17	Италия	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	3,1	10,4	4,5	8,2	11,2	7,5	36,9	47,5	2,0
ISD 18	Италия	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	3,5	12,6	17,8	10,0	9,0	10,6	52,1	49,6	1,5
ISD19	Италия	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	6,1	11,2	15,2	8,0	8,1	9,7	47,9	36,7	2,9
ISD20	Италия	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	5,6	12,9	17,6	7,7	13,1	11,4	56,1	42,0	2,2
ISD 21	Италия	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	3,7	11,8	7,3	4,2	6,8	6,7	33,3	47,7	1,7
ISD22	Италия	<i>RhtB1b</i> + <i>Rhtx</i>	5,7	13,5	24,4	7,9	14,7	13,2	65,3	54,9	1,3
НСР <sub>0,05</sub>	-	-	1,7	2,1	1,9	1,3	1,2	-	-	-	-

Сокращения: Б – Безенчукская; Ст – степная; Н – нива; З – золотистая; CV – коэффициент вариации; Ном – гомеостатичность по Хангильдину

В среднем, за 5 лет лучший итальянский сорт (ISD22) сформировал урожай зерна 13,2ц/га, что на 7,1 ц/га (44,7%) меньше высокорослого стандарта Безенчукская степная и на 7,4 ц/га (46,4%) меньше величины достигнутой низкорослым сортом Безенчукская 209, несущего ген редукции высоты растений *RhtB1b* с аналогичным ISD22 проявлением признака в фенотипе. Кроме того, низкая (в среднем за 5 лет) урожайность всех итальянских генотипов, характеризуется слабой стабильностью (параметры: CV-коэффициент вариации, Ном – гомеостатичность по Хангильдину). В тоже время сорта Безенчукская 210 и Безенчукская золотистая, несущие ген редукции высоты растений *RhtAnh* [15] обеспечивающий снижение высоты растений на 10-12%, в многолетних испытаниях, как в период создания, так и в период изучения, характеризовались высокой конкурентоспособностью по урожайности и её стабильности, не только по отношению к стандарту Безенчукская степная, но и по отношению к высокорослым сортам последнего этапа селекции. Высокий уровень адаптивности этих сортов к условиям степных, засушливых регионов России и Казахстана и принадлежность их к генотипам широкого ареала с высоким уровнем неспецифического гомеостаза, подтверждается результатами изучения в широкой сети эколого-географических испытаний (табл. 3, 4).

Таблица 3

**Результаты изучения сортов Безенчукская 210 и Безенчукская золотистая в питомниках 12-го КАСИБа ЯТП, в 7-ми географических пунктах России и Казахстана в 2011-2012 гг.**

Сорт	Урожайность, ц/га	Ранг по урожайности	Высота растений, см	Параметры качества		Устойчивость к болезням, тип/%	
				SDS, мл	каротиноиды, мг/кг	мучнистая роса	стеблевая ржавчина <i>PacaUg99*</i>
Б. 210	26,0	1	65,3	34,0	5,0	4/5	MR20
Б. 3	25,6	2	67,6	41,0	5,5	4/10	MR30
О.И	25,4	3	73,2	32,0	3,3	2-3/3	DEAD
Средний по опыту	23,8	13	78,2	33,5	3,5	-	40,0

Сокращения: Б – Безенчукская; З – золотистая; ОИ – Омский изумруд; MR – сравнительно устойчивый генотип; DEAD – гибель растений. \* Инфекционный фон стеблевой ржавчины расы Ug99 в Кении.

Таблица 4

**Урожайность, её стабильность и селекционная ценность сортов разных этапов селекции, в том числе несущих различные гены редукции высоты растений, в сети географических экспериментов: Безенчук, Барнаул (2014-2016 гг.), Волгоград, Курган (2014-2015 гг.), Актюбинск, Оренбург (2016 г.).**

Сорт	Этап селекции	Генетич. система высоты растении	Длина * стебля, см.	Урожайность, ц/га	Качество зерна		S <sub>gi</sub>		СЦГ <sub>i</sub>	
					ЧП, сек.	SDS, мл.	Единиц	в % к Б139	единиц	в % к Б139
Б. 139	5	нет генов <i>Rht</i>	69,3	17,2	309,7	35,8	183,0	100,0	8,7	100,0
Б. 182	6	нет генов <i>Rht</i>	69,9	18,3	278,4	36,1	194,0	106,0	8,7	100,0
Б. ст	7	нет генов <i>Rht</i>	67,8	22,2	304,2	40,5	178,2	97,4	11,6	133,3
Б. 209	7	<i>RhtB1b</i>	50,4	18,5	311,0	52,2	210,5	115,0	8,0	92,0
Б. 210	7	<i>RhtAnh</i>	55,0	22,5	364,5	39,3	186,0	101,6	11,2	128,7
Б. 3	7	<i>RhtAnh</i>	56,7	22,8	386,5	40,5	167,2	91,4	12,5	143,7
1368 Д-18	7	<i>RhtAnh</i>	54,0	22,2	431,2	36,3	36,2	163,1	12,4	143,0
НСР <sub>0,05</sub>	-	-	2,8	0,84	15,1	4,1	-	-	-	-

\*Данные получены в Безенчуке в период 2014-2016 гг.

Сорта носители гена *RhtAnh*, Безенчукская 210, Безенчукская золотистая, 1368Д-18) вошли в группу наиболее продуктивных генотипов с высоким уровнем стабильности (*S<sub>gi</sub>*) и селекционной ценности, что и определяет перспективность использования их в качестве исходного материала в селекции твердой пшеницы в степных регионах для создания сортов с укороченной соломиной. Безенчукская 210 включена в Госреестр селекционных достижений РФ по Средневолжскому и Уральскому, Безенчукская золотистая – по Нижневолжскому,

Средневожскому и Уральскому регионам, что подтверждает высокий уровень их адаптивности к засушливым условиям степных провинций. Селекционная линия 1368Д-18 помимо ценности в качестве источника среднерослости (*RhtAnh*) и стабильности урожайности, существенно выделяется по величине ЧП (число падения) признаку – косвенно отражающему активность фермента «альфа-амилаза», расщепляющего крахмал в процессе прорастания зерна, является ценным компонентом в селекции сортов устойчивых к прорастанию зерна на корню. В то же время в степных областях с засушливым климатом современные носители гена *RhtB1b*, проявляющего более сильную фенотипическую экспрессию, могут иметь в настоящее время, видимо, только локальное значение в условиях интенсивного ведения растениеводства. В частности, в Поволжье, такие сорта целесообразно использовать в орошаемом земледелии в севооборотах с большим насыщением картофелем и овощными культурами. Более широкое применение этого морфотипа может иметь место в регионах с благоприятным гидротермическим режимом и высоким уровнем плодородия почвы. К таким регионам в России можно отнести Краснодарский край и области Центрального Черноземья. Изучение в условиях Краснодара и Орла низкорослых (*RhtB1b*) селекционных линий, полученных в Самарском НИИСХ, подтвердило это предположение (табл.5).

Таблица 5

**Урожайность, устойчивость к болезням и полеганию короткостебельных сортов в различных эколого-географических условиях испытания: Безенчук (2014-2017 гг.), Краснодар (2014-2015гг.), Орёл (2016-2017 гг.).**

Сорт	Генетич. система высоты растений	Урожайность по пунктам и годам, ц/га			Поражение болезнями, тип /%*			Качество зерна**		Устойч. к полеганию 1-9 балл***
		Безенчук 2014-2017	Краснодар 2015-2017	Орёл 2016-2017	листовые пятнистости		Мучнистая роса	SDS мл	каротиноиды, мг/кг	
					Фузариоз	Септориоз				
1591d-21	<i>RhtB1b</i>	25,6	54,5	58,9	10	20,0	2/5	55,0	345	9
1596d-4	<i>RhtB1b</i>	21,3	50,9	-	40	-	2/5	52,0	405	9
Б.ст	нет генов <i>Rht</i>	24,7	-	-	50	60,0	4/30	36,0	505	6
В.	нет генов <i>Rht</i>	-	39,8	-	40	50,0	3/10			7
Д.э	нет генов <i>Rht</i>		-	50,2	50	50,0	4/20	30,0	323	7
НСР <sub>0,05</sub>	-	1,2		3,6	-	-	-	5,3	15,2	

Сокращения: Б – Безенчукская; В – Вольнодонская; ДЭ – Донская элегия; Ст – степная; \*максимальное за период наблюдений; \*\* данные получены в Безенчуке; \*\*\*минимальная за годы наблюдений.

Короткостебельные генотипы 1591d-21 и 1596d-4, несущие «сильный» ген редукции высоты растений (*RhtB1b*) превосходят по урожайности зерна высокорослые сорта стандарты в Краснодаре и Орле. Перспективной для использования, как в селекции короткостебельных сортов на основе гена *RhtB1b*, так и в коммерции, является линия 1591d-21.

Эта линия происходит от скрещивания Безенчукской 209 (*RhtB1b*) и селекционной линии 646Д-37, унаследовавшей от мексиканского сорта Anser 10 короткостебельность, устойчивость к мучнистой росе, листовой ржавчине и листовым пятнистостям. Линия 1591Д-21 несет ген *RhtB1b* (установлено на основании отсутствия расщепления по высоте растений в F<sub>2</sub> и старших поколениях в популяции Безенчукская 209/ 646Д-37), проявляет на естественном инфекционном фоне устойчивость к мучнистой росе, листовым пятнистостям

(*Alternaria, Fusarium, Septoria*), имеет высококачественную клейковину и не полегает при формировании урожайности более 60,0ц/га.

В заключении необходимо отметить, что все генотипы с укороченной соломиной, носители генов *RhtAnh* и *RhtB1b* были получены на основе низкорослых аналогов (полученных методом беккроссов) адаптированных к условиям Среднего Поволжья сортов и с применением методологии ступенчатой гибридизации.

Таким образом, целенаправленная и многолетняя работа с носителями генов редукции высоты растений позволила создать конкурентоспособные низкорослые / среднерослые сорта и перейти к формированию новых морфофизиологических типов яровой твердой пшеницы в различных регионах России.

### Литература

1. Porceddu Enrico ,Blanco Antonio. Evolution of durum wheat breeding in Italy. Proceedings of the International Symposium on Genetics and breeding of durum wheat.-ISSN: 1016-121X ISBN: 2-85352-544-9CINEAM, – 2014. p.157-177.
2. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. – М.: Колос, – 1985. – 270 с.
3. Joan Subira, Karim Ammar, Fanny Álvaro, Luis F. Garcíadel Moral, Susanne Dreisigacker, Conxita Royo. Changes in durum wheat root and aerial biomass caused by the introduction of the *Rht-B1b* dwarfing allele and their effects on yield formation. Plant and Soil June 2016, Volume 403, Issue 1, pp 291–304DOI: 10.1007/s11104-015-2781-1
4. Feil B. Breeding progress in small grain cereals—A comparison of old and modern cultivars. PlantBreed 1992; 108:1-11.
5. Richards RA. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. J ExpBot 2000; 51:447–458.
6. Reynolds MP, Calderini DF, Condon AG, Rajaram S. Physiological basis of yield gains in wheat associated with the LR19 translocation from *A. elongatum*. Euphytica 2001a; 119:139–144.
7. Беспалова Л.А. Селекция полукарликовых сортов озимой мягкой пшеницы: диссертация в виде научного доклада доктора. с.-х. наук. – Краснодар. – 1998. – 50 с.
8. Милехин А.В. Селекционная ценность доноров короткостебельности яровой мягкой пшеницы для Среднего Поволжья. Автореф. дис. канд. с.-х. наук. Саратов, 2002. – 23с.
9. Мальчиков П.Н., Вьюшков А.А., Мясникова М.Г. Обоснование приоритетов в селекции твердой пшеницы в условиях лимитирования продукционного процесса абиотическими факторами (модель сорта, методическое руководство). // Безенчук, – 2005. – 17 с.
10. Розова М.А., Зиборов А.И. Продуктивность коллекционных образцов яровой твердой пшеницы в разнообразных погодных ситуациях в приобской лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного университета № 5 (135) – 2016. – С.9-15.
11. Лоскутова Н.П. Гены короткостебельности пшеницы // Аграрная Россия. 2002. №1. – С.25-30.
12. Гуркин Н.А. Действие гена низкорослости на яровую твёрдую пшеницу. – Сб. «Физиологические и генетические основы селекции». Саратов. – 1984. – С.137-143.
13. Кильчевский А.В. Хотьалева Л.В. Экологическая селекция растений / Минск: Тэхналогія, – 1997. – 372 с.
14. Вьюшков А.А. Мальчиков П.Н. Создание и результаты изучения аналогов твердой пшеницы, различающихся по аллелям системы локусов *Rht* // Развитие научного наследия академика Н.И.Вавилова: Тез. докл. междунар. научн. конф. Саратов, 1997. – С.42-45.
15. Мальчиков П.Н. Селекция яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье. Автореф. диссертации на соискание ученой степени докт. с.-х. наук. Кинель. – 2009. – 57с.

### RESULTS OF BREEDING OF DURUM WHEAT CULTIVARS WITH SHORTED STEM

P.N. Malchikov<sup>1</sup>, V.S. Sidorenko<sup>2</sup>, M.G. Miasnikova<sup>1</sup>, M.A. Rozova<sup>3</sup>, A.A. Mudrova<sup>4</sup>,  
V.I. Tsygankov<sup>5</sup>, L.A. Mukhitov<sup>6</sup>, F.V. Tugareva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FGBNU «SAMARA RESEARCH SCIENTIFIC INSTITUYE OF AGRICULTURE»,

<sup>2</sup>FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE  
OF LEGUMES AND GROAT CROPS»,

<sup>3</sup>FGBNU «ALTAI RESEARCH SCIENTIFIC INSTITUTE OF AGRICULTURE»,

<sup>4</sup>FGBNU KRASNODAR RESEARCH SCIENTIFIC INSTITUYE OF AGRICULTURE,

<sup>5</sup>AKTYUBINSKAYA AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION,

<sup>6</sup>FGBNU «RESEARCH SCIENTIFIC INSTITUYE OF AGRICULTURE»

**Abstract:** Optimization of the height of plants of spring durum wheat is an indispensable attribute of breeding programs in all regions of its cultivation. The aim of the research was to analyze methods of selection based on the characteristic and study of varieties and selection lines with different plant height reduction genes in contrasting climatic environments. Field experiments

*involving medium-sized and low-growing genotypes were carried out at the ecological points of the Middle Volga region (Bezenchuk), Western Siberia (Barnaul), the Urals (Kurgan, Orenburg), Kazakhstan (Aktyubinsk), the Lower Volga (Volgograd), Central Chernozem and the North Caucasus (Orel, Krasnodar) and in environmental points of KASIB. As a result of the conducted studies, carriers of the genes for reducing the height of plants of durum wheat were proposed for use in the selection for the optimization of the plant heights: RhtAnh - for the steppe regions (Bezenchukskaya zolotistaya, Bezenchukskaya 210, 1368D - 18), RhtB1b - for the Black Earth and the North Caucasus (1591D-21).*

**Keywords:** cultivar, middle growing, short stem, reduction genes, plant height, adaptability, stability, lodging, pathogens, quality.

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

## СОЗДАНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ ЦЕННЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ КРУПЯНОГО НАПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОЛБЫ

**В.С. СИДОРЕНКО, П.Н. МАЛЬЧИКОВ\*, М.Г. МЯСНИКОВА\*,  
Г.А. БУДАРИНА, Д.В. НАУМКИН, В.А. КОСТРОМИЧЕВА,  
Ж.В. СТАРИКОВА, Ф.В. ТУГАРЕВА, А.А. ГОРЬКОВ**  
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»  
\* ФГБНУ «САМАРСКИЙ НИИСХ ИМЕНИ Н.М. Тулайкова»

*В статье приводятся экспериментальные данные по селекции яровой твёрдой пшеницы и межвидовых гибридов тетраплоидных пшениц. Показаны особенности голозерных линий, полученных в результате скрещивания яровой твёрдой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) и полбы (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.). По результатам многолетних исследований выявлены лучшие генотипы твёрдой яровой пшеницы: сорта Безенчукская Нива, Безенчукская 210 и линии межвидовых гибридов (голозёрной полбы): №1898д-3, №1898д-6, обладающие комплексом лучших показателей, в сочетании с высокой продуктивностью. Для дальнейшей селекции яровой твёрдой пшеницы и голозёрной полбы в Центральной России выделены источники полезных признаков и свойств. Дана характеристика нового сорта яровой твёрдой пшеницы крупяного направления Безенчук-Орловская 1, переданного в 2016 году на Государственное сортоиспытание.*

**Ключевые слова:** селекция, яровая твёрдая пшеница, межвидовые гибриды, голозёрная полба, сорт, линия, урожайность.

Современная стратегия селекционных программ базируется на необходимости ускорения селекции на экологическую адаптацию в отдельных регионах, иммунитет и создание сортов с высоким качеством продукции, но это в сильной степени зависит от решения возникших в настоящее время экономических и организационных проблем. Важнейшей составляющей селекционной технологии является признание формирующего влияния внешней среды, выступающей в качестве фактора индуцирующего действие абиотических и биотических стрессоров на селекционный материал. Большую опасность вызывает проблема сужения генетической плазмы в связи с возделыванием на больших площадях однородных и сходных по ряду признаков сортов и культур, которые часто имеют близкую степень устойчивости к вредителям и болезням.

Надежность получения экономически оправданного урожая яровой твёрдой пшеницы выведенной в регионах с жарким и сухим климатом и целесообразность её возделывания в условиях Орловской области, будет определяться генетическим потенциалом адаптивности генотипа. Развивающаяся интенсификация технологий возделывания сельскохозяйственных культур без наличия сортов, способных реализовать высокий потенциал продуктивности, не