

## ИММУНИТЕТ, АДАПТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

**Беляева Мария Владимировна**, мл. науч. сотр. лаборатории технолого-аналитического сервиса, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Мальчиков Петр Николаевич**, д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр., заведующий лабораторией селекции яровой твердой пшеницы, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

**Мясникова Марина Германовна**, канд. с.-х. наук, ведущий науч. сотр. лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Шаболкина Елена Николаевна**, канд. с.-х. наук, ведущий науч. сотр., заведующая лабораторией технолого-аналитического сервиса, ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

446254, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

**Ключевые слова:** пшеница, сорт, селекция, гены, материал, устойчивость, стресс.

*Цель исследований – привлечение генплазмы австралийских сортов яровой твёрдой пшеницы в качестве исходного материала для селекции в Среднем Поволжье. Привлечение коллекции современных сортов твёрдой пшеницы из Австралии – новая и актуальная задача, имеющая целью расширить генетическую основу селекции этой культуры. В Самарском НИИСХ (Безенчук, Самарская область) были изучены 9 сортов из Австралии, 2 сорта местной селекции, 6 сортов из Италии (в качестве стандартов по общей адаптивности, качеству зерна и клейковины) и 21 селекционная линия от скрещивания австралийского сорта Linie 5046 – Нах-2 и сорта местной селекции – Золотая. Эксперименты проведены в сеялочном (на делянках 10,0 м<sup>2</sup>) и в ручном (на делянках 0,25 м<sup>2</sup>) посевах в четырёх повторениях. Оценка сортов по устойчивости/восприимчивости к патогенам проведена в условиях естественного инфекционного фона. Качество оценивалось по содержанию белка, каротиноидных пигментов, показателю седиментации (SDS вариант), параметрам миксографа по общепринятым методикам. Солеустойчивость определялась методом проращивания семян при хлоридном засолении с градицией осмотического давления раствора. В результате исследований выявлена возможность использования сортов из Австралии по признакам продуктивности и адаптивности (L5046 – Нах-2, Tamaroi, Нурето), устойчивости к стеблевой ржавчине (Tamaroi, Нурето, L5018, Tjikuri), содержанию каротиноидных пигментов (Нурето, Tamaroi, L5018, Tjikuri). Все изученные сорта из Австралии можно использовать для повышения уровня эластичности теста. Селекционные линии 2302Д-5, 2302Д-6, 2302Д-7, 2302Д-8, 2302Д-10, 2302Д-21, полученные с участием австралийской линии Нах-2, отличаются высокими значениями SDS и эластичности теста. Низкорослые сорта Нурето, Tamaroi, Tjikuri, L5046 (Нах-2), L5018, имеющие достаточный уровень адаптивности, перспективны в селекции интенсивных, устойчивых к полеганию сортов. Сорта L5046 (Нах-2) и L740 предлагается использовать для создания солеустойчивых генотипов. Селекционная линия 2302Д-7 отличается значительным уровнем физиологической устойчивости к осмотическому стрессу, имеет перспективы для коммерческого и селекционного применения.*

## IMMUNITY, ADAPTABILITY AND QUALITY OF DURUM SPRING WHEAT VARIETIES IN THE MIDDLE POVOLZHJE

**Belyaeva M. V.**, junior researcher of the laboratory of technological and analytical service, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks, 41 str.

E-mail: samniish@mail.ru

**Malchikov P. N.**, doctor of agricultural sciences, chief scientific researcher, head of the laboratory of spring durum wheat breeding agricultural sciences, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks, 41 str.

E-mail: sagrs-mal@mail.ru

**Myasnikova M. G.**, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of selection of spring durum wheat breeding agricultural sciences, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks, 41 str.

E-mail: samniish@mail.ru

**Shabolkina E. N.**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory of technological and analytical service, Samara Research Scientific Institute of Agriculture.

446254, Samara Region, Bezenchuk, Karl Marks 41 str.

E-mail: samniish@mail.ru

**Key words:** wheat, variety, selection, genes, material, resistance, stress.

The purpose of the research is to introduce genplasma of Australian durum spring wheat varieties as initial material for selection in the middle Povolzhje. Introducing the collection of modern durum spring wheat varieties from Australia is a new and urgent task, aimed at expanding the genetic basis for the selection of this crop. 9 varieties from Australia, 2 varieties of local selection, 6 varieties from Italy, as standards for general adaptability, grain and gluten quality, and 21 selection lines from the crossing of the Australian variety Linie 5046 – Nax-2 and the local selection Zolotaya were studied at Samara Research Scientific Institute of Agriculture (Bezenchuk, Samara region). The experiments were carried out using drill sowing (10.0 m<sup>2</sup> plots) and hand sowing (0.25 m<sup>2</sup> plots) 4 times repeating. Evaluation of varieties on resistance / susceptibility to pathogens was carried out under conditions of natural infectious background. The quality was evaluated by the protein content, carotenoid pigments, sedimentation index (SDS variant), parameters of the mixograph by common methods. Salt resistance was determined by seed germination in chloride salinization with gradation of the osmotic pressure of the solution. As a result there is potentiality to use varieties from Australia according to the characteristic of productivity and adaptability (L5046 – Nax-2, Tamaroi, Hyperno), resistance to stem rust (Tamaroi, Hyperno, L5018, Tjikuri), carotenoid pigments content (Hyperno, Tamaroi, L5018, Tjikuri). All studied varieties from Australia can be used to increase the elasticity level of the dough. The selection lines 2302D-5, 2302D-6, 2302D-7, 2302D-8, 2302D-10, 2302D-21 obtained with the Australian line Nax-2 have high SDS values and dough elasticity. Low-grown varieties Hyperno, Tammoroi, Tjikuri, L5046 (Nax-2), L5018 having sufficient adaptability are perspective in the selection of intensive and resistant to lodging varieties. Varieties L5046 (Nax-2) and L740 are proposed to be used for salt tolerant genotypes. The selection line 2302D-7 has a significant physiological resistance to osmotic stress and perspectives for commercial and selection use.

Среднее Поволжье относится к регионам с неопределённой динамикой условий среды, т.е. не имеющим определённого доминирующего вектора в спектре лимитирующих факторов как в течение ряда лет, так и в онтогенезе растений в конкретный год исследований [3]. В процессе длительного периода селекции яровой твёрдой пшеницы сформировался коадаптированный блок генов, функционально определяющий приспособленность создаваемых сортов к неопределённым «потокам» лимитирующих факторов среды. Этот блок генов возник на ранних этапах научной селекции и эволюционировал в течение всего периода непрерывного улучшения регионального сортимента твёрдой пшеницы [4]. Эволюционный процесс был обеспечен на разных этапах трансгрессиями, полученными на основе межвидовой гибридизации, привлечением генетического материала из других эколого-географических регионов. В то же время было установлено, что использование в скрещиваниях иностранных сортов, также как и межвидовая гибридизация, часто приводят к потере адаптивности и ухудшению продукционных возможностей в потомстве гибридного и селекционного материала [5]. Это связано с разрушением в процессе рекомбинации коадаптированного блока генов и потерей достигнутого уровня адаптивности. Определяющим фактором для привлечения иностранного образца в качестве исходного материала является уровень его изученности, его характеристика как по признакам, имеющим положительную селекционную ценность, так и по признакам с негативной оценкой. Эта информация необходима для организации селекции на основе нового, привлекаемого сорта. Генофонд из Австралии в селекции твёрдой пшеницы в России практически не использовался. Интерес к этому источнику изменчивости вызван тем, что здесь, начиная с 1930 года, методами научной селекции создан оригинальный селекционно-генетический пул, и в

настоящее время продолжается широкомасштабная селекция в рамках единой национальной программы улучшения твёрдой пшеницы. Вначале производство и селекция твёрдой пшеницы были локализованы в благоприятных регионах страны (Север Южного Уэльса, Южная Австралия и Южный Квинсленд), затем за счёт адаптивной селекции регион возделывания был расширен, в том числе до регионов с повышенным уровнем засоления (Юг Южного Уэльса, Виктория). Кроме того, качество австралийской твёрдой пшеницы оценивается на наиболее взыскательном итальянском рынке, как самое высокое в мире, что также во многом определяется генетическими свойствами возделываемых сортов [6].

**Цель исследований** – привлечение генплазмы австралийских сортов яровой твёрдой пшеницы в качестве исходного материала для селекции в Среднем Поволжье.

**Задачи исследований** – оценить австралийские сорта яровой твёрдой пшеницы по адаптивности, качеству зерна, устойчивости к наиболее вредоносным патогенам и засолению в стадии проростков для дальнейшего использования в Среднем Поволжье.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в 2015-2017 гг. на материально-технической базе Самарского НИИСХ. Изучены австралийские сорта твёрдой пшеницы – Yallaroі, Wollaroі, Tamaroі, Kalka, Caporoі, Hurepno, Tjikuri, Linie 740, LinieZb1 – Nax-1, Linie 5046 – Nax-2, Linie 50188 и 21 селекционная линия от скрещивания Linie 5046 – Nax-2/Золотая. Сорта по результатам селекции и изучения в Австралии характеризуются следующими особенностями.

Yallaroі выпущен в 1987 г. в дополнение к Kamilaroі и лучше приспособлен к ранним срокам посева. На базе этого сорта можно производить зерно с отличным цветом, без поражения патогенами, вызывающими почернение зародыша. Wollaroі создан в 1993 г. Отличается прочной соломиной, устойчивой к полеганию. Зерно содержит белка примерно на 0,5% больше, чем зерно сорта Yallaroі. Паста из Wollaroі имеет превосходный яркий, чистый желтый вид, что делает её популярной среди производителей и потребителей. Tamaroі используется с 1998 г. Выпущен как лучший по адаптивности сорт на юге Австралии. Доходность на 15% выше, чем у Yallaroі. Этот сорт также позволяет производить зерно с более высоким уровнем белка, чем Wollaroі и Yallaroі. Kalka введён в коммерческий оборот в 2003 г., разработан Университетом в Аделаиде. Kalka происходит от Yallaroі, отличается повышенной устойчивостью к высокой концентрации в почве бора. Зерно сорта Kalka немного светлее, но имеет меньше скринингов (отрубей) при помоле, чем у Tamaroі. Caparoі выпущен в

2008 г., имеет повышенную урожайность и отзывчивость на интенсивность агротехнологий. Относится к полукарликовому морфотипу. Качество зерна превосходит уровень зерна Wollaroі. Hurepno применяется с 2008 г., отличается высоким потенциалом урожайности. Сорт среднеспелого типа, имеет хороший цвет зерна. Line 740 – сорт из австралийской коллекции пшеницы, происходит из Афганистана. Отличается очень высоким уровнем солеустойчивости. Сильно поражается мучнистой росой, сорт высокорослого морфотипа. LinieZb1 – Nax-1 и Linie 5046 – Nax-2 – генотипы, несущие интродуцированные от *Triticummonosocum* гены солеустойчивости Nax-1 и Nax-2 соответственно. Эти гены функционально относятся к Na<sup>+</sup>-транспортёрам из семейства HKT (high – affinityK<sup>+</sup>transporter), т.е. имеющие высокое сродство с системой K<sup>+</sup>-транспорта. Nax-1 был локализован на хромосоме 2A и идентифицирован как HKT7 (HKT1;4). Nax-2 локализован на 5A хромосоме и идентифицирован как HKT8 (HKT1;5). Эти гены получили названия TmHKT7 (TmHKT1;4-A2) и TmHKT8 (TmHKT1;5-A) [5, 6]. Функционирование этих генов укладывается в общее представление о генетической системе солевыносливости, идентифицированной на альтернативных мутантах *Arabidopsis*, где критическая роль принадлежит калийному питанию растений [9].

В качестве контрольных вариантов по качеству клейковины были привлечены новые селекционные линии, полученные из Италии, характеризующиеся высокими показателями индекса глютена (IG).

Эксперименты выполнены в сеялочном (на делянках в 10,0 м<sup>2</sup> (селекционные линии и сорта стандарты, 2016-2017 гг.)) и в ручном посеве в 4-кратной повторности (на делянках в 0,25 м<sup>2</sup> (коллекционные образцы из Австралии, Италии и сорта стандарты 2015-2017 гг.)). Оценка сортов по устойчивости/восприимчивости к патогенам (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Puccinia recondita*) проведена в условиях естественного инфекционного фона. Тип иммунитета, степень поражения листовыми

пятнистостями определялись в фазы цветения и молочно-восковой спелости по общепринятым методикам [2].

Содержание белка и каротиноидов в зерне определяли по ГОСТ 10846-91 и ГОСТ 51181-98, соответственно, показатель седиментации (SDS вариант) и параметры миксографа, оценивающие качество клейковины, определяли по методике, предложенной в [1]. Оценку степени солеустойчивости проводили по методике Г. В. Удовенко – проращивание семян в условиях хлоридного засоления при температуре +21<sup>0</sup>С и градации осмотического давления раствором хлорида натрия (с концентрацией 50, 75, 100, 150 и 200 мМ NaCl) на фильтровальной бумаге в чашках Петри. В течение 8 дней определяли длину и массу зародышевых проростков и корешков. Лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян определяли по ГОСТ 12038-84.

**Результаты исследований.** Адаптивность австралийских сортов оценивали по числу зёрен в колосе, массе 1000 зерен и поражению патогенами в условиях естественного инфекционного фона. Результаты изучения представлены в таблице 1.

По основным элементам продуктивности (число зерен в колосе, масса 1000 зерен) все австралийские сорта значительно уступают сортам местной селекции. Этот результат, очевидно, можно объяснить уровнем общей адаптивности. В тоже время сорта Tamaroi и L5018 отличались комплексной устойчивостью к патогенам, вызывающим листовые пятнистости (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp.) и стеблевую ржавчину (*Puccinia graminis*). Практически все сорта из Австралии оказались в высокой степени устойчивыми к наиболее вредоносным в условиях Среднего Поволжья патогенам рода *Fusarium* sp., повреждающим листовую аппарат. Таким образом, включение в скрещивания сортов с самой низкой продуктивностью и адаптивностью (Caroroi, LineZb1-Nax1, L740, Yalloroi), очевидно, целесообразнее осуществлять по схеме беккроссов. В то же время предполагается, что большинство австралийских сортов могут увеличить в гибридных популяциях выход селекционно-ценных форм, устойчивых к патогенам.

Таблица 1  
Продуктивность и восприимчивость к патогенам на естественном инфекционном фоне австралийских сортов, 2015-2017 гг.

Сорт	Оригинатор	Число зерен в колосе	Масса 1000 зерен, г	*Поражение растений патогенами, R...S, %		
				<i>Alternaria</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Puccinia graminis</i>
Caroroi	Австралия	12,3	33,6	25,0	R/MR	7,5
Hyperno	Австралия	19,9	37,0	50,0	R	1-3
Kalka	Австралия	17,2	34,1	25,0	R/MR	15,0
Tamaroi	Австралия	21,1	37,1	7,5	R	R
Tjikuri	Австралия	15,8	32,1	40	R	5,0
Yalloroi	Австралия	14,9	33,5	20,0	MR	10,0
L740	Австралия	13,2	32,4	5,0	R	30
LineZb1 – Nax-1	Австралия	11,2	30,2	40,0	MR	7,5
L5046 – Nax-2	Австралия	19,8	36,4	50,0	R	15,0
L5018	Австралия	15,1	35,2	10,0	R	5,0
Безенчук.210	Самарский НИИСХ	25,3	40,1	5,0	R	15,0
Безенчук.205	Самарский НИИСХ	24,9	42,7	10,0	R	5,0
Золотая	Самарский НИИСХ	29,2	43,0	5,0	R	20,0

Примечание: \* – максимальное за годы изучения, R – resistance (устойчивость), S – sensibility (восприимчивость), M – mean (средняя степень).

Аналогичное предположение, если судить по фенотипическому проявлению, справедливо и для признаков качества зерна и клейковины (табл. 2). Результаты оценки австралийских сортов по качественным признакам проведены в сравнении с местными стандартными сортами (Безенчукская 210, Золотая), итальянскими сортами, имеющими высокое качество клейковины по параметру «индекс глютена», который варьирует у них в пределах 85-90 единиц, и селекционными линиями, полученными от скрещивания донора гена солеустойчивости Nax-2 и сорта Золотая.

Таблица 2

Показатели качества зерна сортов из Австралии и лучших селекционных линий, полученных отбором из популяции F<sub>2</sub> Naх-2/Золотая в сравнении с сортами из Италии и сортами местной селекции

Сорт, линия	Оригинатор	Белок, %	Каротиноиды, мг/кг	SDS седиментация, мм	Параметры миксографа			
					PT, мин	PH, см	BW, см	mTV, см
Naх-2	Австралия	19,0	4,07	36,0	7,2	8,1	3,4	1,0
Hupeno	Австралия	15,9	8,20	40,0	6,0	8,3	2,5	1,2
Tammoroì	Австралия	17,7	5,39	31,0	5,6	7,6	2,6	0,7
Tjikuri	Австралия	18,5	7,76	50,0	6,2	8,2	3,3	1,0
Jallogi	Австралия	16,3	6,15	47,0	5,7	8,4	2,7	1,3
Linie 740	Австралия	18,5	3,45	38,0	6,0	8,2	2,5	1,0
Среднее по сортам Австралии		17,7	5,84	40,3	6,1	8,1	2,8	1,0
Безенчук.210	Самарский НИИСХ	15,4	7,23	29,0	7,3	4,7	1,0	0,2
Золотая	Самарский НИИСХ	15,1	5,99	42,0	11,2	5,1	1,5	0,1
Среднее по сортам местной селекции		15,3	6,61	30,5	9,3	4,9	1,3	0,15
Среднее по сортам итальянской селекции	6 сортов	16,6	4,44	41,7	4,8	8,1	2,7	0,9
2302д-5	Селекционная линия	14,8	6,25	45,0	17,7	4,9	2,0	0,4
2302д-6	«	15,0	5,82	64,0	10,2	6,5	2,6	0,9
2302д-7	«	15,9	4,53	44,0	16,1	6,1	2,1	0,5
2302д-8	«	15,2	4,96	48,0	9,0	6,3	2,5	0,6
2302д-10	«	14,8	5,61	48,0	13,1	6,0	2,0	0,5
2302д-21	«	14,1	5,71	51,0	11,2	6,5	2,7	0,6
Среднее по селекционным линиям		15,0	5,04	45,3	10,2	6,1	1,9	0,6

Большинство иностранных сортов, как австралийской, так и итальянской селекции, в условиях Среднего Поволжья накапливают больше белка, чем местные сорта, что объясняется более низкой урожайностью иностранных сортов. По содержанию каротиноидов сорта местной селекции превосходят средние показатели сортов из Австралии и Италии. Индивидуальные значения по концентрации желтых пигментов в зерне у австралийских сортов Hupeno, Tjikuri, Jallogi вполне сравнимы с уровнем лучших отечественных сортов, что увеличивает вероятность получения трансгрессий по признаку в процессе их использования для гибридизации. Среди сортов из Италии таких сортов не обнаружено. Качество клейковины по величине SDS седиментации и параметрам миксографа у всех австралийских сортов соответствует высоким стандартам, принятым на мировом рынке. По SDS различия между лучшим сортом местной селекции Золотая и сортами австралийской и итальянской селекции практически отсутствовали. По параметрам миксографа отмечены различия между сортом Золотая и сортами из Австралии и Италии, которые почти не отличались между собой. Лучший сорт местной селекции (Золотая) превосходит иностранные сорта по прочности клейковины (параметр PT), что, видимо, определяет хорошие оценки этого сорта по SDS седиментации. Австралийские и итальянские сорта значительно превосходят сорта местной селекции по эластичности теста (BW) и, очевидно, этим объясняются их высокие значения по SDS. Все сорта из Италии высоко оцениваются по индексу глютена (IG=80,0-90,0 единиц) – основного критерия качества клейковины на мировом рынке твердой пшеницы. Идентичность австралийских и итальянских сортов по SDS и параметрам миксографа позволяет предположить наличие схожих величин у этих групп сортов и по IG. В тоже время IG местного сорта (Золотая), измеренного в лаборатории университета в Фуджи (Италия), варьировал в пределах 60-70 единиц, что заметно ниже уровня итальянских сортов. Причина этой особенности сорта (высокая прочность клейковины и недостаточный уровень IG), вероятно, связана с недостаточным уровнем эластичности теста (параметр BW), что наводит на мысль о возможности улучшения качества клейковины или даже

получения положительных трансгрессий (прочность плюс эластичность клейковины) по этим свойствам в селекции твёрдой пшеницы в Среднем Поволжье. Анализ селекционных линий по величине SDS седиментации и параметрам миксографа позволяет положительно оценить эти перспективы (табл. 2). Ряд селекционных линий (2302Д-5, 2302Д-6, 2302Д-7, 2302Д-8, 2302Д-10, 2302Д-21) имеют высокие значения SDS (превышают среднее значение родительских сортов на 12,8-64,1%) и параметров РТ и ВW. Эти линии, предположительно, должны обладать высоким уровнем IG.

Кроме устойчивости к патогенам и качественным характеристикам, наиболее адаптированные к условиям Поволжья австралийские сорта Hurnero, Tammorei, Tjikuri, L5046 (Nax 2), L5018, несущие ген редукции высоты растений Rht B1b, целесообразно использовать в селекции интенсивных, устойчивых к полеганию сортов низкорослого морфотипа.

Важным направлением в селекции твёрдой пшеницы в условиях степных районов Поволжья и Урала с повышенной долей солончаковых пятен (15,0-20,0% пахотных земель в районе Самарского НИИСХ), отчетливо проявляющихся по ингибированию травостоя хлебных злаков в засушливые годы, может быть создание и возделывание солеустойчивых сортов. Солеустойчивость определяется способностью растений на уровне клеток, их структур и целого организма нейтрализовать полностью или частично отрицательное действие засоления на интенсивность ростовых процессов. Большинство злаков, в том числе твёрдая пшеница, относятся к гликофитам – растениям, хорошо приспособленным к реализации продукционных возможностей в условиях незасоленных почв. Тем не менее, в условиях засоления они также обнаруживают способности переносить этот стресс с минимальными потерями для продуктивности. Из возделываемых в России зерновых культур твёрдая пшеница наиболее чувствительна к засолению. Функционирование транслоцированных в твёрдую пшеницу из *Triticum monosocum* генов Nax-1 и Nax-2 проявляется в фенотипе в виде исключения ионов Na<sup>+</sup> из клеток листовых пластинок и корневых волосков. Основная часть Na<sup>+</sup> концентрируется в вакуолях листовых влагалищ [6], что уменьшает его токсичное действие в фотосинтезирующих тканях и интенсивно делящихся меристемных клетках. Аналогичный механизм нейтрализации действует и в генотипе образца L740. Кроме этого, засухоустойчивые генотипы могут обладать и повышенной устойчивостью к засолению. В целом все клеточные механизмы, которые обеспечивают

засухоустойчивость растений: осмотическая регуляция, стабильность клеточных мембран, фосфорилирование в процессе дыхания, нейтрализация свободных радикалов в биохимических реакциях и др., могут влиять на солеустойчивость. Ещё в 60-е гг. XX века отнесённые к высоко засухоустойчивым сорта Харьковская 46 и Безенчукская 105, отличались физиологической устойчивости к солевому стрессу. Эти сорта стали основными компонентами для совершенствования блока генов адаптивности в Поволжье и на Урале. В связи с этим правомерно предположение, что на стадии проростков (до образования листовых влагалищ – основных органов, накапливающих вредоносные катионы Na<sup>+</sup> в генотипах Nax-1, Nax-2 и L740), сорта местной селекции могут отличаться высокой солеустойчивостью, что в перспективе позволяет надеяться на получение трансгрессий по устойчивости. Результаты изучения в лабораторных условиях устойчивости к солевому стрессу в стадии проростков сортов L740 и L5046 – Nax-2, Безенчукская 210, Золотая и селекционных линий, полученных отбором из гибридной популяции Nax-2/Золотая, представлены в таблицах 3-5.

Показатели энергии прорастания и всхожести в целом по всем сортам имели тенденцию к снижению на вариантах с высокой концентрацией NaCl (150 мМ и 200 мМ).

Таблица 3

Показатели энергии и всхожести семян сортов твёрдой пшеницы при их проращивании в условиях осмотического стресса, созданного по градиенту водного раствора NaCl

Сорт, линия	Условия проращивания семян											
	Контроль, %		Энергия и всхожесть семян в условиях солевого стресса по градиенту концентрации NaCl в водном растворе, % к контролю									
			50 мМ (0,29%)		75 мМ (0,44%)		100 мМ (0,59%)		150 мМ (0,88%)		200 мМ (1,2%)	
энергия	всхожесть	энергия	всхожесть	энергия	всхожесть	энергия	всхожесть	энергия	всхожесть	энергия	всхожесть	
2302Д-1	98	98	96,9	99	96,9	98	94,9	95,9	85,7	92,9	85,7	86,7
2302Д-2	100	100	97	97	96	96	92	95	82	91	84	92

2302д-3	98	98	94,9	96,9	101	101	98	99	89,8	96,9	77,6	92,9
2302д-4	100	100	100	100	96	96	100	100	96	98	88	88
2302д-5	94	94	102,1	102,1	95,7	95,7	97,9	97,9	100	100	80,9	91,5
2302д-6	94	94	106,4	106,4	106,4	106,4	106,4	106,4	102,1	102,1	97,9	104,2
2302д-7	96	96	100	104,2	93,8	100	95,8	95,8	95,8	95,8	91,7	100
Нах-2	84	84	101,2	101,1	107,1	103,4	113,1	109,2	98,8	102,3	92,9	100
Золотая	96	96	94,8	94,8	96,9	97,9	97,9	97,9	99	99	89,6	91,7
L-740	72	72	106,9	112,5	109,7	109,7	97,2	106,9	86,1	95,8	77,8	77,8
Б-210	97	98	100	100	95,9	100	95,9	99	87,6	99	69,1	78,6
Средняя	93,5	93,6	100	101,3	99,5	100,4	99	100,3	93,0	97,5	85,0	91,2
CV, %	9,0	9,0	4,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	7,0	4,0	10,0	9,0

Почти все изученные сорта испытывали подавляющее действие солевого стресса на этих вариантах. Максимальная депрессия энергии и всхожести семян на этих вариантах отмечена у линии 2302д-1 – 14,3; 13,3%, Безенчукской 210 – 30,9; 21,4% и Linie 740 – 22,2; 22,2% для энергии и всхожести соответственно. Сорт Безенчукская 210 имеет хорошие показатели всхожести на всех средах, за исключением варианта с максимальной концентрацией NaCl 200 мМ (1,2%). Австралийский сорт, несущий ген Naх-2, имел незначительную депрессию только по энергии прорастания, максимально проявившуюся на фоне NaCl 200 мМ (-7,1%). Минимальная депрессия среди селекционных линий отмечена у 2302д-6 (-2,1%; +4,2% к контролю) и 2302д-7 (-8,3%; 0,0% к контролю). Снижение этих показателей в средней степени наблюдалось на среде с максимальной концентрацией (NaCl 200мМ) при проращивании семян сорта Золотая -9,4% и 8,3%.

Данные о депрессии изученных генотипов по энергии прорастания и всхожести семян в условиях солевого стресса в основном совпадают с данными по депрессии длины и массы проростков и корней, за исключением данных по сорту L740. Сильная чувствительность отмечена для линии 2302д-2, которая испытывала наиболее значимое негативное воздействие стресса на всхожесть и энергию прорастания семян. Значительная депрессия по длине ростка и корешков и их массе, особенно на наиболее жёстком варианте (200мМ NaCl), наблюдалась у линий 2302д-1, 2301д-4

и 2301д-5. Сорт из австралийской коллекции Linie 740 по накоплению сухого вещества в ростке и корешках, в отличие от параметров всхожести и энергии прорастания, на экспериментальных вариантах был одним из лучших среди изученных сортов, негативное воздействие концентрации соли наблюдалось только на наиболее жёстком варианте – 200мМ NaCl. Высокая устойчивость роста на стадии проростков на всех вариантах обнаружена у сорта L5046 (Нах-2), что указывает на вероятность наличия у этого генотипа, кроме механизма компартамента натрия в вакуолях листовых влагалищ, физиологических механизмов устойчивости на клеточном уровне. Из селекционных линий близкие к уровню этого генотипа параметры устойчивости показала линия 2307д-7.

Таблица 4

Длина ростков и корешков генотипов твёрдой пшеницы при проращивании семян в условиях осмотического стресса, созданного по градиенту водного раствора NaCl, мм и % к контролю

Сорт, линия	Условия проращивания семян											
	Контроль, мм		Длина ростка и корешков в расчете на одно растение в условиях солевого стресса по градиенту концентрации NaCl в водном растворе, % к контролю									
			50 мМ (0,29%)		75 мМ (0,44%)		100 мМ (0,59%)		150 мМ (0,88%)		200 мМ (1,2%)	
росток	корешк и	росток	корешк и	росток	корешк и	росток	корешк и	росток	корешк и	росток	корешк и	
2302д-1	17	44	47	75	29,4	50	29,4	38,6	11,8	18,2	5,9	4,5
2302д-2	16	41	43,8	70,7	31,3	51,2	18,8	41,5	12,5	17,1	6,3	7,3
2302д-3	18	43	50	67,4	38,9	60,5	27,8	41,9	11,1	18,6	11,1	9,3
2302д-4	8	41	37,5	56,1	62,5	51,2	73,5	39	25	31,7	12,5	0,7
2302д-5	5	32	120	84,4	20	28,1	40	40,6	80	75	20	3,1
2302д-6	6	29	166,7	124,1	133,3	100	200	134,5	33,3	31	33,3	10,3
2302д-7	7	31	114,3	129	71,4	74,2	42,9	45,2	28,6	22,6	28,6	25,8
Нах2	8	34	87,5	82,4	62,5	61,8	37,5	55,9	25	32,4	25	17,6
Золотая	23	51	73,9	62,7	43,5	64,7	39,1	60,8	13	35,3	8,7	25,5

L.740	10	34	70	85,3	60	88,2	50	67,6	40	50	20	29,4
Б.210	10	30	100	96,7	70	100	60	80	30	50	20	23,3
среднее	11,6	37,3	82,8	84,9	56,6	66,4	56,3	58,7	28,3	34,7	17,4	14,3
CV,%	50,6	19,0	48,0	28,0	55,0	34,0	89,0	49,0	70,0	51,0	53,0	73,0

Таблица 5

Масса сухого вещества ростков и корешков генотипов твёрдой пшеницы при прорастивании семян в условиях осмотического стресса, созданного по градиенту водного раствора NaCl, грамм и % к контролю

Сорт, линия	Условия прорастивания семян											
	Контроль, г		Масса ростков и корешков в расчёте на одно растение в условиях солевого стресса по градиенту концентрации NaCl в водном растворе, в % к контролю									
			50 мМ (0,29%)		75 мМ (0,44%)		100 мМ (0,59%)		150 мМ (0,88%)		200 мМ (1,2%)	
	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки	росток	корешки
2302д-1	0,27	0,21	81,5	81	63	100	59,3	81	25,9	52,4	7,4	33,3
2302д-2	0,24	0,22	108,3	95,5	79,2	81,8	66,7	72,7	12,5	45,5	4,2	22,7
2302д-3	0,24	0,21	100	95,2	95,8	90,5	54,2	76,2	20,8	47,6	8,3	33,3
2302д-4	0,25	0,21	20	23,8	68	71,4	20	23,8	20	47,6	0	9,5
2302д-5	0,17	0,2	94,1	75	35,3	20	58,8	55	70,6	60	0	15
2302д-6	0,23	0,19	126,1	115,8	104,3	89,5	104,3	100	30,4	68,4	4,3	31,6
2302д-7	0,26	0,21	107,7	90,5	80,8	76,2	57,7	66,7	23,1	52,4	19,2	47,6
Нах2	0,18	0,18	94,4	61,1	100	83,3	83,3	94,4	38,9	50	50	105,6
Золотая	0,25	0,15	100	100	88	86,7	84	113,3	28	66,7	16	66,7
L-740	0,1	0,09	180	155,6	80	100	130	133,3	100	100	20	66,7
Б-210	0,23	0,17	113	135,3	78,3	105,9	69,6	105,9	21,7	58,8	8,7	23,5
средняя	0,22	0,19	102,3	93,5	79,3	82,3	71,6	83,8	35,6	59,0	12,5	41,4
CV,%	23%	21%	37%	38%	24%	28%	40%	36%	74%	26%	113%	69%

**Заключение.** Пониженную приспособленность сортов Caporoi, LineZb1 – Nax-1, L740, Yalloroi необходимо учитывать при гибридизации и предусмотреть схему применения беккроссной селекции. Большинство австралийских сортов целесообразно использовать в селекции селекционно-ценных форм, устойчивых к патогенам, вызывающим листовые пятнистости. Сорты Tamoroi, Нурето, L5018, Tjikuri являются источниками устойчивости к стеблевой ржавчине, высокого содержания каротиноидов и перспективны в селекции сортов низкорослого морфотипа. Все сорта из Австралии можно использовать для повышения уровня эластичности теста и, возможно, для улучшения индекса глютена. Селекционные линии 2302Д-5, 2302Д-6, 2302Д-7, 2302Д-8, 2302Д-10, 2302Д-21 отличаются высокими значениями SDS, прочности и эластичности клейковины и, предположительно, должны обладать высоким уровнем IG. Предполагается, что сорта L5046 – Nax-2 и L740, кроме описанных в литературе механизмов солеустойчивости, препятствующих поступлению натрия в фотосинтезирующие и меристематические ткани, обладают высоким уровнем физиологической устойчивости. Селекционная линия 2302Д-7 отличается значительным уровнем физиологической устойчивости к осмотическому стрессу.

#### Библиографический список

1. Васильчук, Н. С. Оценка прочности клейковины в процессе селекции твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) / Н. С. Васильчук, С. Н. Гапонов, Л. В. Еременко, Т. М. Паршикова // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – №3. – С. 34-39.
2. Кремнева, О. Ю. Диагностика и методы оценки устойчивости пшеницы к возбудителю желтой пятнистости листьев / О. Ю. Кремнева, Г. В. Волкова // Методические рекомендации. – М., 2007. – 20 с.
3. Корчагин, В. А. Основные тенденции изменения агрометеорологических показателей погодных условий в Среднем Заволжье за последние 100 лет (1904-2004 гг.) / В.А. Корчагин, О.И. Горянин. – Самара, 2005. – 76 с.
4. Мальчиков, П. Н. Относительное развитие признаков продуктивности твёрдой пшеницы в процессе селекции / П. Н. Мальчиков, М. Г. Мясникова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 4-2. – С. 987-997.
5. Malchikov, P. N. Formation of gene association for general homeostasis and performance components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) / P. N. Malchikov, M. G. Myasnikova // Russian Journal of Genetics : Applied Research. – 2016. – Vol. 6, № 4. – P. 357-366.



6. Sissons, M. Role of durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bred 7 / M. Sissons // Global Science Books «Food». – 2008. – P. 77-90.
7. Munns, R. Genetic control of sodium exclusion in durum wheat Research / R. Munns, G. J. Rebetzke, S. Husain [et al.] // Australian Journal of Agricultural. – 2003. – Vol. 54. – P. 627-635.
8. James, R. A. Major genes for Na<sup>+</sup> exclusion, Nax1 and Nax 2 (Wheat HKT1;4 and HKT1;5), decrease Na<sup>+</sup> accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions / R. A. James, C. Blake, S. B. Caitlin, R. Munns // Journal of Experimental Botany. – 2011. – Vol. 62, № 8. – P. 2939-2947. DOI: 10.1093/jxb/err003
9. Zhu, Jian-Kang. Genetic Analysis of Salt Tolerance in Arabidopsis: Evidence for a Critical Role of Potassium Nutrition / Jian-Kang Zhu, Jiping Liu, Liming Xiong // The Plant Cell. – 1998. – Vol. 10. – P.1181-1191.

#### Bibliography

1. Vasilchuk, N. S. Assessment of gluten strength in durum wheat selection (*Triticum durum* Desf.) / N. C. Vasil'chuk, S. N. Gaponov, L. V. Yeremenko, T. M. Parshikova // Agrarian Bulletin of the South-East. – 2009. – №3. – P. 34-39.
2. Kremneva, O. Yu. Diagnosis and the methods of evaluation of wheat resistance to the pathogen of yellow leaf spots / O. Yu. Kremneva, G. V. Volkova // Methodical recommendations. – M., 2007. – 20 p.
3. Korchagin, V. A. The Main trends of changes in the weather conditions of agricultural meteorological indicators in the middle Volga region in the last 100 years (1904-2004). – Samara, 2005. – 76 p.
4. Malchikov, P. N. The relative development of productivity signs of durum wheat in the selection process / P. N. Malchikov, M. G. Myasnikova // Vavilov journal of genetics and selection. – 2012. – Vol.16, №4-2. – P. 987-997.
5. Malchikov, P. N. Formation of gene association for general homeostasis and performance components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) / P. N. Malchikov, M. G. Myasnikova // Russian Journal of Genetics : Applied Research. – 2016. – Vol. 6, № 4. – P. 357-366.
6. Sissons, M. Role of durum Wheat Composition on the Quality of Pasta and Bred 7 / M. Sissons // Global Science Books «Food». – 2008. – P. 77-90.
7. Munns, R. Genetic control of sodium exclusion in durum wheat Research / R. Munns, G. J. Rebetzke, S. Husain [et al.] // Australian Journal of Agricultural. – 2003. – Vol. 54. – P. 627-635.
8. James, R. A. Major genes for Na<sup>+</sup> exclusion, Nax1 and Nax 2 (Wheat HKT1;4 and HKT1;5), decrease Na<sup>+</sup> accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions / R. A. James, C. Blake, S. B. Caitlin, R. Munns // Journal of Experimental Botany. – 2011. – Vol. 62, № 8. – P. 2939-2947. DOI: 10.1093/jxb/err003
9. Zhu, Jian-Kang. Genetic Analysis of Salt Tolerance in Arabidopsis: Evidence for a Critical Role of Potassium Nutrition / Jian-Kang Zhu, Jiping Liu, Liming Xiong // The Plant Cell. – 1998. – Vol. 10. – P.1181-1191.