

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ПРОРОСТКОВ АЛЛОПЛАЗМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕЙСТВИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО И СОЛЕВОГО СТРЕССА¹

© 2011 Н.В. Терлецкая, Н.А. Хайленко, А.Б. Исакова²

Проведен анализ устойчивости к осмотическому и солевому стрессам 9 аллоплазматических линий пшеницы, полученных на основе скрещиваний сорта Мироновская-808 с *T. dicoccum Shuebl.* Определены способность проростков переносить существенный водный дефицит, способность к накоплению биомассы, а также изменение ростовых параметров и содержания воды в листьях и корнях в условиях стресса. Показана высокая устойчивость изучаемых линий.

Ключевые слова: солеустойчивость, аллоплазматические линии, пшеница, *T. dicoccum Shuebl.*

Введение

В настоящее время перед сельскохозяйственной и биологической наукой ставится задача изучения уязвимости, адаптационной способности основных сельскохозяйственных культур, а также возможностей использования их диких сородичей с целью обогащения генофонда и улучшения сортового разнообразия возделываемых культур путем создания новых сортов с ценными хозяйственно-техническими показателями и повышенной резистентностью к неблагоприятным факторам среды.

В результате непрерывного использования в качестве исходного селекционного материала высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур в селекционном генофонде концентрируются гены, полученные из ограниченных источников. Последние в большинстве случаев не включают представленные на уровне соответствующего вида аллели того или иного признака. В связи с этим генетическое разнообразие селекционного материала постепенно снижается, а генетическая база некоторых важнейших видов растений может оказаться крайне узкой. В отличие от культурных сортов, их дикие сородичи обладают более высокой устой-

¹Работа поддержана программой фонда фундаментальных исследований Республики Казахстан "Закономерности функционирования биологических систем – основа создания инновационных технологий для медицины, сельского хозяйства и охраны окружающей среды (2009–2011 гг)", проект 10.Н.

²Терлецкая Нина Владимировна (teni02@mail.ru), Хайленко Нина Александровна (Khailenko@yandex.ru), Исакова Ажар Батырбековна, лаборатория клеточной инженерии РГП "Института биологии и биотехнологии растений" КН МОН РК, 050040, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45.

чивостью к вредителям, болезням, колебаниям факторов внешней среды, адаптивностью к природным катаклизмам.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследований служили 9 аллоплазматических линий пшеницы, полученных путем отдаленных скрещиваний сорта Мироновская-808 с *T. dicoccum* Shuebl. var. *atratum* (Host.): D-41-05 ХНА, D-40-05-ХНА, D-F-05, D-N-05-ХНА, D-42-05-ХНА, D-D-05 (безостая), D-D-05 (остистая), D-a-05, D-b-05.

При лабораторной оценке солеустойчивости 10-дневных проростков пшеницы в условиях искусственной засухи и засоления за основу были взяты методики Г.В. Удовенко [1]. 7-суточные проростки на 72 часа подвергали действию стресса (NaCl, 1,68 %). Контролем служили проростки, выращиваемые на воде. Повторность трехкратная — в каждом варианте не менее 50 нормально развитых проростков. Способность проростков переносить водный дефицит оценивалась методом простого подсушивания растений в течение суток по методу Н.Н. Кожушко [2].

Устойчивость проростков в условиях моделируемых стрессов оценивали по относительным значениям показателей роста и накопления биомассы каждого образца в процентах к таковым его же без стрессового воздействия.

Все экспериментальные данные подвергались статистическому анализу по методике Б.А. Доспехова [3].

Результаты и их обсуждение

Комбинации Мироновская-808 с *T. dicoccum* Shuebl. var. *atratum* (Host.) (от F2BC1 до F4 BC3), из которых были отобраны изучаемые фертильные линии, характеризовались следующими признаками. Семьи некоторых растений расщеплялись на остистые опушенные, остистые неопушенные, безостые опушенные, безостые неопушенные формы. Колосья таких остистых растений были похожи на колосья *T. dicoccum*, но с короткими остями, а безостых растений — имели промежуточную форму, близкую к спельтоидной. Эти семьи отличались и по фертильности колосьев от остальных семей комбинации Мироновская-808 с *T. dicoccum*. Большинство растений этой комбинации в F1 и F3-4 были фертильными и имели ярко выраженные признаки сорта Мироновская-808: по высоте растений, форме колоса; имели хорошую озерненность, окраску листьев, как и у материнской формы.

Все они имели толстые соломины с антоциановой окраской, под колосом полые; белые, безостые или с небольшими остевидными заострениями крупные колосья, неопушенные колосковые чешуи. Килевой зубец колосковой чешуи был короткий, тупой, плечо колосковой чешуи прямое, неширокое. Но особенно хорошим было зерно у таких семей — крупное, темно-красное, стекловидное с гладким эндоспермом. Однако в колосках, как правило, развивалось только по три зерна. Колосья хорошо обмолачивались. Отрицательный признак — осыпаемость колосьев в поле — унаследован от сорта Мироновская-808, его наличие присутствует в контрольном посеве.

Результаты предварительных экспериментов показали более высокую солеустойчивость *T. dicoccum*, нежели сорта Мироновская-808 [4]. Поэтому изучение

стрессоустойчивости линий, при получении которых задействованы эти формы пшеницы, представляет для нас несомненный интерес.

Значительной составляющей как засухи, так и солевого стресса является осмотическая компонента. Осмотическое действие засоления, как и действие засухи, проявляется в пониженном поглощении воды и неблагоприятном изменении водно-солевого обмена в клетках и тканях. Фактическая устойчивость к осмотическому стрессу во многом определяется способностью растений переносить существенный водный дефицит. Такой дефицит в данной работе создавался прямым подсушиванием проростков изучаемых линий в течение 24 часов. Данные выживаемости проростков показаны в табл. 1.

Таблица 1

Выживаемость проростков пшеницы в условиях существенного водного дефицита

Вид, сорт, линия	Всего проростков	Кол-во выживших	Выживание, %
<i>T. dicoccum</i>	105	37	35,2
Мироновская-808	107	38	35,5
D-41-05 ХНА	102	77	74,5
D-40-05-ХНА	100	89	88,5
D-F-05	101	49	48,5
D-N-05-ХНА	83	37	44,6
D-42-05-ХНА	98	70	71,4
D-D-05 (б/ост)	100	58	58,0
D-D-05 (ост)	106	69	65,1
D-a-05	114	66	57,9
D-b-05	102	64	62,7

По выживаемости в условиях осмотического стресса среди изучаемых линий выявлены большие различия. Линии D-N-05-ХНА и D-F-05 показали выживаемость ниже 50 %, линии D-a-05 и D-D-05 (б/ост) характеризовались средней выживаемостью — 57,9 % и 58 %, высокая выживаемость выявлена у линий D-b-05 (62,7 %), D-D-05 (ост)(65,1 %), D-42-05 (71,4 %), D-41-05 (74,5 %) и D-40-05 (88,5 %). При этом все линии по выживаемости превосходили родительские формы.

Стрессовые воздействия, оказывая негативное воздействие на водный обмен растений, вызывают торможение роста растяжением поделившихся клеток [5]. Но у устойчивых форм снижение ростовых параметров, как правило, выражается в меньшей степени. В соответствии с данными табл. 2, выявлено, что все изучаемые аллоплазматические линии характеризовались хорошими ростовыми показателями в условиях солевого стресса.

Прирост листа в условиях засоления составил от 75,8 % (линия D-N-05-ХНА) до 86,7 % (линия D-F-05) от контроля, прирост первичных корешков от 83,9 % (D-a-05-ХНА) до 129,7 % (D-42-05), т. е. наблюдалась стимуляция роста корней.

Другим параметром, характеризующим темпы роста в стрессовых условиях, является соотношение размеров корневой и надземной частей растения [6; 7]. Считается, что корневая система менее чувствительна к снижению водного потенциала, чем наземные органы [8]. По нашему мнению, эта закономерность выражена у более устойчивых форм, так как у зерновых продуктивность определяется, в

Таблица 2

Ростовые процессы у проростков пшеницы в условиях солевого стресса, NaCl 1,68 %

Вид, сорт, линия	Длина надземной части, % к контр.	Длина корня, % к контр.	Соотношение корень/лист, %	
			контроль	NaCl
<i>T. dicoccut</i>	85,0 ± 5,7	100,0 ± 0,0	28,0 ± 7,2	33,3 ± 7,5
Мироновская-808	66,1 ± 7,6	46,5 ± 8,0	60,1 ± 7,8	41,7 ± 7,9
D-41-05 ХНА	82,7 ± 6,1	102,7 ± 2,6	28,3 ± 7,2	37,3 ± 7,7
D-40-05-ХНА	81,6 ± 6,2	109,5 ± 4,7	39,4 ± 7,8	52,9 ± 8,0
D-F-05	86,7 ± 5,4	100,3 ± 2,7	39,4 ± 7,8	45,5 ± 7,9
D-N-05-ХНА	75,8 ± 2,3	83,9 ± 5,9	49,5 ± 7,7	54,8 ± 8,0
D-42-05-ХНА	85,7 ± 5,6	129,7 ± 7,3	34,8 ± 7,6	52,6 ± 8,0
D-D-05 (б/ост)	81,6 ± 6,2	102,6 ± 2,6	42,7 ± 7,9	53,8 ± 8,0
D-D-05 (ост)	80,4 ± 6,4	115,3 ± 5,8	54,6 ± 8,0	38,2 ± 7,7
D-a-05	82,0 ± 6,1	95,8 ± 3,2	41,3 ± 7,9	48,3 ± 7,9
D-b-05	88,7 ± 5,1	122,5 ± 6,7	35,8 ± 7,7	49,4 ± 7,9

первую очередь, объемом корневой системы, которая коррелирует с величиной потенциала продуктивности растений [4; 9].

В соответствии с данными табл. 2 процентное соотношение линейных размеров корня по отношению к листу в условиях солевого стресса у изучаемых аллоплазматических линий увеличивается, как и у вида *T. dicoccut*, являвшегося отцовской формой, в отличие от сорта Мироновская — 808, у которого показатель соотношения корень/лист снижался.

Снижение ростовых показателей листа и корня в первую очередь происходит, вероятно, из-за факторов, более связанных с осмотическим напряжением, чем с токсическим эффектом соли [10]. Рост клеток растяжением зависит от осмотического потенциала и тургора, растяжимости клеточной стенки и доступности воды для роста [8]. Так как осмотический стресс всегда приводит к обезвоживанию растительных тканей, представляет интерес показатель оводненности наземных органов и корневой системы изучаемых форм в условиях индуцированных стрессовых условий. Факт снижения оводненности листьев и корневой системы при воздействии солевого стресса подтвердили результаты определения относительного содержания воды. В соответствии с данными табл. 3 изучаемые формы значительно различались по показателю относительной оводненности как наземной части, так и зародышевых корней.

Оводненность листа составила от 75,3 % (D-42-05) до 91,7 % (D-D-05 ост) от контроля, оводненность первичных корешков — от 59,7 % (D-D-05 ост) до 160,5 % (D-40-05). Однако нами отмечено, что у всех изучаемых аллоплазматических линий, кроме D-a-05, как и у *T. dicoccut*, содержание воды в корнях при засолении снижалось в меньшей степени, чем у сорта Мироновская-808, а линии D-b-05, D-42-05-ХНА и D-40-05-ХНА при стрессе характеризовались оводненностью корневой системы, превышающей контроль.

Усиление солевого стресса влияло и на накопление биомассы как наземной части проростков, так и зародышевых корней. Как следует из данных табл. 3, биомасса первичных корешков и родительских форм, и таких линий, как D-41-05 ХНА, D-F-05, D-42-05-ХНА, D-D-05 (как безостая, так и остистая формы), в усло-

Таблица 3

**Относительный прирост биомассы и оводненность проростков
пшеницы в условиях солевого стресса, NaCl 1,68 %**

Вид, сорт, линия	Прирост биомассы, % к контр.		Относит. оводн., % к контр.		Число корешков, % к контр.
	наземной части	корней	наземной части	корней	
<i>T. dicocum</i>	89,2 ± 5,0	81,2 ± 6,3	85,2 ± 5,8	81,8 ± 6,2	94,1 ± 3,8
Мироновская-808	90,5 ± 1,5	72,2 ± 26	90,7 ± 4,7	74,6 ± 7,0	94,0 ± 4,8
D-41-05 ХНА	81,3 ± 2,0	87,5 ± 5,3	77,8 ± 6,7	88,2 ± 5,2	83,2 ± 6,0
D-40-05-ХНА	80,0 ± 6,4	160,0 ± 7,8	84,4 ± 5,8	160,5 ± 7,8	85,3 ± 5,7
D-F-05	83,1 ± 6,0	82,8 ± 6,0	78,8 ± 6,5	82,1 ± 6,1	85,7 ± 5,6
D-N-05-ХНА	76,2 ± 6,8	73,7 ± 7,0	88,5 ± 5,1	93,8 ± 3,9	98,9 ± 1,7
D-42-05-ХНА	87,1 ± 5,4	90,0 ± 4,6	75,3 ± 6,9	135,9 ± 7,8	88,8 ± 5,0
D-D-05 (б/ост)	80,7 ± 6,3	84,6 ± 5,8	58,6 ± 7,9	85,7 ± 5,6	94,7 ± 3,6
D-D-05 (ост)	91,7 ± 4,4	60,0 ± 7,8	91,7 ± 4,4	59,7 ± 7,8	97,0 ± 2,7
D-a-05	81,2 ± 6,3	92,3 ± 4,3	79,0 ± 6,5	92,3 ± 4,3	84,2 ± 5,8
D-b-05	82,1 ± 6,1	106,5 ± 3,9	81,8 ± 6,2	106,4 ± 3,9	95,2 ± 3,4

виях стресса, несмотря на увеличение роста корней этих линий в длину, снижалась, что свидетельствует о том, что корни при воздействии засоления истончаются и снижается их количество: число корешков в условиях засоления составило от 83,2 (линия D-41-05) до 98,9 % (линия D-N-05-ХНА).

Заключение

Таким образом, определены способность проростков переносить существенный водный дефицит, к накоплению биомассы, изменение ростовых параметров и содержания воды в листьях и корнях в условиях осмотического и солевого стресса у 9 аллоплазматических линий пшениц, полученных на основе скрещиваний сорта Мироновская-808 с *T. dicocum Shuebl.* На основании проведенной комплексной оценки проростков можно заключить, что все изучаемые линии характеризовались хорошей устойчивостью к осмотическому и солевому стрессу, превышая по многим показателям исходные родительские формы. Такой вид, как *T. dicocum Shuebl.*, может успешно использоваться в скрещиваниях с культурными сортами при селекции пшеницы на устойчивость к осмотическому и солевому стрессу.

Литература

- [1] Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: метод. руководство / под ред. Г.В. Удовенко. Л.: ВИР, 1988. 268 с.
- [2] Изучение засухоустойчивости мирового генофонда яровой пшеницы для селекционных целей: метод. руководство / сост. Н.Н. Кожушко. Л.: ВИР, 1991. 90 с.
- [3] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, 4-е изд. М.: Колос, 1979. 416 с.
- [4] Особенности реакции проростков мягкой пшеницы и ее диких сородичей на действие абиотических стрессов / Н.В. Терлецкая [и др.] // Известия Академии наук РК. Сер. Биологическая. 2010. № 2. С. 42–46.

- [5] Веселов Д.С. Рост растяжением и водный обмен в условиях дефицита воды: автореф. ... дис. д-ра биол. наук. Уфа: Башк. гос. ун-т, 2009. 47 с.
- [6] Pitman M. G. Transport across the root and shoot/root interactions // Staples RC Ed. Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement. N. Y.: Wiley, 1984. P. 93–123.
- [7] Munns R. Genes and salt tolerance: bringing them together // New Phytologist. 2005. № 167. P. 645–663.
- [8] Wu Y., Cosgrove D. J. Adaptation of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins // Journal of Experimental Botany. 2000. Vol. 51. № 350. P. 1543–1553.
- [9] Терлецкая Н. В., Исаков А.Р., Сариев Б.С. Пути использования физиологических и биотехнологических методов в селекции ячменя на засухоустойчивость // Биотехнология в селекции сельскохозяйственных культур: сб. науч. трудов. Алматы: КазАСХН, 1993. С. 90–98.
- [10] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress // Plant, Cell and Environment. 2002. № 25. P. 239–250.

Поступила в редакцию 6/VI/2011;
в окончательном варианте — 6/VI/2011.

FEATURES OF THE REACTION OF ALLOPLASMATIC WHEAT LINES SEEDLINGS ON THE EFFECTS OF OSMOTIC AND SALT STRESS

© 2011 N.V. Terletsкая, N.A. Khailenko, A.B. Iskakova³

The resistance to osmotic and salt stress 9 alloplasmatic wheat lines derived from crosses of varieties Mironovskaya 808 with *T. dicoccum Shuebl.* was analyzed. The ability of seedlings to transfer a substantial water deficit, the ability to accumulate biomass, changes in growth parameters and water content in leaves and roots under stress were identified. High stability of the studied lines was demonstrated.

Key words: salt tolerance, alloplasmic lines, wheat, *T. dicoccum Shuebl.*

Paper received 6/VI/2011.
Paper accepted 6/VI/2011.

³Terletsкая Nina Vladimirovna (teni02@mail.ru), Khailenko Nina Alexandrovna (Khailenko@yandex.ru), Iskakova Azhar Batyrbekovna, the Laboratory of Cell Engineering, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, 050040, the Republic of Kazakhstan.