

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ И СКРИНИНГ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ДИКИХ СОРОДИЧЕЙ ПШЕНИЦЫ

А.С. Масимгазиева¹, А.И. Абугалиева¹, А.И. Моргунов², К. Кожаметов¹

¹Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, Алматы, Казахстан, *miss.masimgazieva@mail.ru*

²СИММУТ, Анкара, Турция

Аннотация. В настоящее время вопросы по изучению развития корневой системы пшеницы, их морфологии, генетических особенностей, связанных с адаптивностью, засухоустойчивостью и продуктивностью весьма актуальны в селекционных программах. В связи с этим была изучена корневая система интрогрессивной пшеницы с участием диких сородичей, среди которых выделились генотипы Эритроспермум 350 х *T.kiharae*, Жетысу х *T.militinae*, Жетысу х *T.timopheevii*.

Ключевые слова: интрогрессивные пшеницы, дикие сородичи, засухоустойчивость, корневая система

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-501-505

В настоящее время большинство районированных сортов имеют существенные недостатки, в значительной степени поражаются различными видами ржавчины, головни, мучнистой росой, в них наблюдается низкое содержание белка, а также зимостойкость и засухоустойчивость не отвечают требованиям производства. Причиной этого является то, что большинство возделываемых сортов создано методом внутривидовой гибридизации в пределах вида *T. aestivum*. Запас генофонда данного вида по указанным признакам довольно ограничен и не позволяет решать многие актуальные задачи современной селекции. Потому, наряду с использованием классических методов селекции, отбора и гибридизации, внутривидового скрещивания пшеницы применяются также селекционно-генетические, цитогенетические методы с использованием представителей близких родов и видов пшеницы *Aegilops*, *Agropyron*, *Secale*, *T. timopheevii*, *T. dicocum*, *T. kiharae* и других геноносителей признаков и свойств [Nevo, 2006; Давоян, 2006; Размахнин, 2012; Matsuoka, 2011; Dvorak, 2012].

Основной путь наращивания производства зерна при стабильности посевных площадей – повышение урожайности. Большое значение в повышении урожайности пшеницы, особенно в регионах с недостаточным увлажнением, придают корневой системе. Поэтому в настоящее время вопросы по изучению развития корневой системы пшеницы, их морфологии, генетических особенностей, связанных с наследованием и изменчивостью признаков корневой системы, сопряженности корневой системы с элементами продуктивности весьма актуальны [Dunbabin, 2004; Inagaki, 2010; Pandey, 2010].

В качестве объектов для поиска устойчивой гермоплазмы избраны: 1) представители *Aegipos cylindrica*, *Ae. triaristata*, *T. kiharae*, *T. militinae* и *T.t imopheevi*; 2) линии пшенично-чужеродных гибридов (с участием вышеназванных) как переходный «мост» и отдельный объект селекции (2015-2017 гг.); 3) сорта-стандарты озимой пшеницы (*T. aestivum*).

Цель – изучение физиологических основ продуктивности и засухоустойчивости интрогрессивной пшеницы с участием диких сородичей.

Анализ изучаемых показателей устойчивости диких, культурных и интрогрессивных форм озимой пшеницы проводился на селекционном материале Казахского НИИ земледелия и растениеводства. Полученные в результате многолетних селекционных испытаний интрогрессивные формы идентифицированы

цитологическими, селекционными методами, отобраны по гомозиготности, оценены по урожайности и качеству зерна, приспособленности к местным условиям выращивания.

Характеристика корневой системы с использованием WinRHIZO осуществлена по следующим параметрам: длина корней (см), площадь, РА, объем, средний диаметр, концы, разветвление, переходы, масса (свежие листья) и масса корней на 3 уровнях: 8-10 дневных проростков; надземная часть срезана через три недели; надземная часть не срезана.

Длина корней 8-10 дневных проростков варьировала для переходных форм озимой пшеницы от 159,9 см (Стекловидная 24 x *T. timopheevii*-1676) до 306,2 см (Безостая 1 x *Ae. triaristata*-231) и 304,1 см (Жетысу x *T. timopheevii* (1674) и 291,9 см (Эритроспермум 350 x *T. kihara* -1727).

Площадь корней варьировала от 28,4 см² (Стекловидная 24 x *T. timopheevii*-1676) до 47,7 см² (Жетысу x *T. timopheevii*-1674 и Безостая 1 x *Ae. triaristata*-231) при среднем для всего блока 40,8 см² и относительно сорта-стандарта Карахан (31,8 см²). По другим объемным (см³) и площадным (РА см²) характеристикам отмечено преобладание тех же генотипов, в диапазоне 0,39-0,64 см³ и 8,8-15,2 м² соответственно.

Средний диаметр корней колебался в незначительных пределах (к-изменчивости 1,26) в сравнении с другими параметрами корневой системы: от 0,46 мм для генотипа 1825 Стекловидная 24 x *Ae. cylindrica*, до 0,58 мм для генотипа 1718 (Безостая 1 x *Ae. cylindrica*). Количество концов (побегов), напротив, варьировало, как и количество переходов и разветвлений в несколько (2-4) раз: от 213 до 590, от 20 до 75,5 и от 275 до 672, соответственно, для генотипа 1676 – Стекловидная 24 x *T. timopheevii* в минимальных значениях и для генотипа 231 – (Безостая 1 x *Ae. triaristata*) x Карлыгаш в максимальных значениях по всем трем параметрам.

Наиболее мощной корневой системой с максимальной степенью по 7 из 10 проанализированных признаков выделяется генотип 231 – (Безостая 1 x *Ae. triaristata*) x Карлыгаш; по 4 из 10 признакам выделяются гибридные комбинации: 1674 – Жетысу x *T. timopheevii* (длина, площадь, РА и объем корней). По 3 из 10 1671 – Жетысу x *T. militinae* (масса корней, свежих листьев, разветвления).

Таким образом, в стартовых условиях выделены генотипы 231 – (Безостая 1 x *Ae. triaristata*) x Карлыгаш, 1674 – (Жетысу x *T. timopheevii*), 1671 – (Жетысу x *T. militinae*) и 1727 – (Эритроспермум 350 x *T. kiharae*).

Заклучения по сравнительной характеристике корневой системы синтетиков позволяет констатировать более высокий уровень в целом для синтетических пшениц относительно культурных форм, в данном случае сорта-стандарта Карахан.

Генотипы специфично вели себя в системе динамики: 8-10 проростки→31 день (без среза)→31 день (срез). Изменения характеристик корневой системы анализировались по этим трем этапам и относительно друг друга: 1) 8-10 этап проростки – контроль (К-1); 2) прирост относительно проростков для а) нормального развития (НР); б) стрессового развития (СР); 3) потери/прирост в стрессовых условиях относительно благоприятных (К-2).

По длине корней на уровне 8-10 дневных проростков генотипы дифференцируются на стартовом этапе развития, но когда соотношение побеги/корни сопоставимо. Высокое значение длины корней на более поздних стадиях развития сохранялось у двух генотипов в абсолютных значениях.

Самый высокий прирост (в % к исходному) к 30-ому дню развития отмечен для других генотипов – 1676 (Стекловидная 24 x *T. timopheevii*) (87%) и 1721-9 (Безостая 1 x *T. militinae*) x *T. militinae*-9 (84%).

Для опыта со срезанием надземной части по абсолютным значениям длины корней выделены три генотипа: 1727 (Эритроспермум 350 x *T. kiharae*) (рисунок); 1671

(Жетысу х *T. militinae*); 1674 (Жетысу х *T. timopheevii*), отмеченные и на стадии 8-10 дневных проростков, соответственно, с высоким 82-87% прироста относительно этой стадии развития. По относительным параметрам также выделяется генотип 1676 (Стекловидная 24 х *T. timopheevii*) (86% прироста) на фоне сорта-стандарта Карахан (18%). Сравнение генотипов по длине корней после стресса (К-2) позволило обнаружить как потери относительно нормального развития от 9% для генотипа 1676 (Стекловидная 24 х *T. timopheevii*) до 78,5% (стандарт Карахан) и 1712 (Эритроспермум 350 х *T. militinae*) (53%), так и прирост от 14,4% (1674 – (Жетысу х *T. timopheevii*); 1721-6 (Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-6) до 38,5-58,1% для генотипов 1671 (Жетысу х *T. militinae*) и 1727 (Эритроспермум 350 х *T. kiharae*). Два последних генотипа после срезания надземной части отреагировали на данный стресс развитием корневой системы на 40-60% более мощной относительно режима без стресса.



Рисунок. Корневая система а) 8-10 дневные проростки; б) надземная часть не срезана; в) надземная часть срезана через три недели.

По площади корней на уровне 8-10 дневных проростков выделяются аналогичный набор генотипов, как и по длине корней: 1674 (Жетысу х *T. timopheevii*), 231 ((Безостая 1 х *Ae. triaristata*) х Карлыгаш) и 1712 (Эритроспермум 350 х *T. militinae*). В фазе 30 дневных растений к последним двум добавляется 1721-9 ((Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-9) по абсолютным максимальным значениям и номер 1825 (Стекловидная 24 х *Ae. cylindrica*) с относительно высоким 85% прироста, сравним с предыдущими тремя генотипами с 85-90% прироста.

После срезания надземной части генотипы 1727 (Эритроспермум 350 х *T. kiharae*) и 1671 (Жетысу х *T. militinae*) характеризовались не только ростом длины корней, но также и увеличением площади 84-85% прироста относительно 8-10 дневных проростков и приростом относительно благоприятного режима 110% и 29% соответственно. Для всех остальных уровень снижения площади корней после стресса составил от 18% для генотипа 1674 (Жетысу х *T. timopheevii*) до 80% (стандарт – Карахан) и 76% для генотипа 1712 (Эритроспермум 350 х *T. militinae*).

По объему корней на уровне 8-10 дневных проростков максимальные значения отмечены для генотипов 1718 (Безостая 1 х *Ae. cylindrica*); 1674 (Жетысу х *T. timopheevii*); 1721-4 ((Безостая 1 х *T. militinae*) х *T. militinae*-4); 231 ((Безостая 1 х *Ae. triaristata*) х Карлыгаш) и 1712 (Эритроспермум 350 х *T. militinae*). По абсолютным значениям на более поздних фазах выделены 2 номера: 1721-9 ((Безостая 1 х *T.*

militinae) x *T. militinae*-9) и 231 ((Безостая 1 x *Ae. triaristata*) x Карлыгаш) плюс по относительному приросту 1676 (Стекловидная 24 x *T. timopheevii*) (89%).

После срезания надземной части восстановленная корневая система генотипов 1727 (Эритроспермум 350 x *T. kiharae*); 1671 (Жетысу x *T. militinae*) и 1674 (Жетысу x *T. timopheevii*) характеризовалась максимальным значением объема корней, как и по всем предыдущим параметрам. Прирост относительно проростков составил 79-83%, тогда как уровень сорта-стандарта 7% и 11%, т.е. минимально для синтетиков 1718 (Безостая 1 x *Ae. cylindrica*).

По диаметру корней на уровне 8-10 дневных проростков максимальными значениями выделялись генотипы 1718 (Безостая 1 x *Ae. cylindrica*) (0,58 мм) и 1676 (Стекловидная 24 x *T. timopheevii*) (0,55 мм). В процессе развития изменение диаметра корней отмечено как в сторону утолщения, так и утончения. С диапазоном вариации для 30-дневных растений от 0,47 мм до 0,78-0,80 мм. При этом прирост составил 2% (1727 (Эритромспермум 350 x *T. kiharae*) – 35% (231 ((Безостая 1 x *Ae. triaristata*) x Карлыгаш), 1721-9 ((Безостая 1 x *T. militinae*) x *T. militinae*-9), потери в диаметре колебались от 4% (Карахан, 1721-6 (Безостая 1 x *T. militinae*) x *T. militinae*-6) до 9-11% (1718 ((Безостая 1 x *Ae. cylindrica*) и 1721-4 (Безостая 1 x *T. militinae*) x *T. militinae*-4).

Срезание надземной массы привело к истончению корней как относительно 8-10 дневных проростков от 10-20% до 45%, так и относительно нормального развития от 8-24% до 50-59% соответственно.

Литература

Давоян Р.О., Бебякина И.В. Новые линии озимой мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops speltoides* // Вестн. Рос. Акад. С.-х. наук. – 2006. – № 6. – С. 46–47.

Размахнин Е.П., Размахнина Т.М., Козлов В.Е., Гончаров Н.П., Вепрев С.Г. Применение методов биотехнологии и отдаленной гибридизации для улучшения пшеницы. // Докл. и сообщения XI Межд. генетико-селекционной школы-семинара «Современное состояние и приоритетные направления развития генетики, эпигенетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур», (9-13 апреля 2012 г., Новосибирск), 2012. – С. 213–220.

Dvorak J., Deal K., Luo M., You F.M., Barstel K., Dehghani H. The origin of spelt and free-threshing hexaploid wheat // J. Hered. – 2012. – V. 103, No. 3. – P. 426–441.

Dunbabin V., Rengel Z., Diggles A.J. Simulating form and function of root systems: efficiency of nitrate uptake is dependent on root system architecture and the spatial and temporal variability of nitrate supply // Functional Ecology. – 2004. – V. 18. – P. 204–211.

Inagaki M., Naghit M.M. Association of root water-uptake with drought adaptation in wheat // Proceeding of 8-th International Wheat Conference, (June 1-4, St. Petersburg, Russia), 2010. – P. 162–163.

Matsuoka Y. Evolution of polyploid *Triticum* wheats under cultivation: the role of domestication, natural hybridization and allopolyploid speciation in their diversification // Plant Cell Physiol. – 2011. – V. 52. – P. 750–764.

Nevo E. Genome evolution of wild cereal diversity and prospects for crop improvement // Plant Genet. Resour.: Charact. And Util. – 2006. – V. 4, No. 1. – P. 36–46.

Pandey M., Paudel A., Link K., Friedt W. Possibility of using growth angles as a trait for enhanced drought tolerance in wheat // Proceeding of 8-th International Wheat Conference, (June 1-4, St. Petersburg, Russia), 2010. – P. 182.

FEATURE ROOT SYSTEM AND SCREENING FOR DROUGHT-RESISTANT WILD RELATIVES OF WHEAT

A.S. Massingaziyeva¹, A.I. Abugaliyeva¹, A.I. Morgunov², K. Kozhakhmetov¹

¹Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almalybak, Kazakhstan,
miss.masimgazieva@mail.ru

²CIMMYT, Ankara, Turkey

Abstract. At present, questions on studying the development of the root system of wheat, their morphology, genetic features associated with adaptability and drought-resistance productivity are very relevant in breeding programs. In this regard, the root system of introgressive wheat with the participation of wild relatives was studied, among which the genotypes *ErythrospERMum* 350 x *T. kharae*, Zhetysu x *T. militinae*, Zhetysu x *T. timopheevii* were distinguished.

Keywords: *introgressive wheat, wild relatives, drought resistance, root system*