

УДК 581.132

РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА КРАТКОВРЕМЕННУЮ ПОЧВЕННУЮ ЗАСУХУ

В.И. ТКАЧЕВ, Б.И. ГУЛЯЕВ

*Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины
03022 Киев, ул. Васильковская, 31/17*

Исследовали реакцию растений разных сортов озимой пшеницы на кратковременную почвенную засуху. Установлено, что повышенная засухоустойчивость растений новых сортов и более высокая их зерновая продуктивность связаны с большей площадью активной поверхности корней как при оптимальной влажности почвы, так и после засухи.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., озимая пшеница, сорта, засухоустойчивость, площадь поверхности корней, продуктивность.

Засухоустойчивость наряду с потенциалом зерновой продуктивности является важной характеристикой сортов озимой пшеницы, определяющей наиболее благоприятные климатические зоны их выращивания.

Степень засухоустойчивости различных видов и сортов растений, в том числе сортов озимой пшеницы, зависит, в первую очередь, от соотношения площадей поверхности корневой системы, поглощающей воду и элементы минерального питания из почвы, и листового аппарата растения, расходующего влагу на транспирацию — от так называемого показателя корнеобеспеченности растений. Показатель корнеобеспеченности растений в упрощенном виде можно представить также соотношением масс корней и надземной части растений.

За годы «зеленой революции» были созданы высокопродуктивные низкорослые сорта озимой пшеницы, поэтому физиологам растений интересно, отличаются ли они от старых высокорослых сортов по корневой системе. Несмотря на значительное количество работ, посвященных изучению корней растений озимой пшеницы [1, 3, 5], этот вопрос остается открытым. Лишь в статье Вейнеса и Эхде [10] приведены данные по корням старых высокорослых и новых низкорослых сортов озимой пшеницы, однако только по массе их сухого вещества. Показано, что масса сухого вещества корней у растений двух различных групп новых низкорослых сортов существенно меньше, чем у старых высокорослых сортов, однако не отмечено, отличаются ли эти сорта по соотношению масс сухого вещества корней и надземной части растений.

В то же время известно, что масса сухого вещества корней не отражает их функциональную активность, поскольку основную роль в поглощении воды и минеральных элементов из почвы играют корневые волоски. Так, поглощающая поверхность корневых волосков в несколько раз больше поверхности тех участков корней, на которых они находятся, а масса их во много раз меньше [4], поэтому функциональная активность

корней зависит прежде всего от насыщенности корней корневыми волосками, а не от общей массы их сухого вещества. В работе, посвященной изучению связи устойчивости к полеганию с высотой растений озимой пшеницы показана прямая связь устойчивости к полеганию с соотношением масс сухого вещества корней и надземной части проростка, которое можно рассматривать в качестве показателя корнеобеспеченности проростков [5]. Установлено, что наибольшее это соотношение у карликовых форм — 0,21 против 0,19 у среднерослых и 0,18 — у высокорослых.

Развитию работ в этом направлении препятствует отсутствие простых общепризнанных способов изучения свойств и характеристик корневых систем. Многие из них описаны [8], однако они трудоемкие и среди них нет способов определения функциональной активности корней. В то же время еще в 1950-е годы Сабинин и Колосов [2, 6] предложили достаточно простой метод вычисления площадей общей и активной поверхности корневых систем полевых культур, который после некоторого усовершенствования мы применили в наших работах.

Цель настоящей работы — изучить реакцию растений сортов озимой пшеницы различного экотипа и различных лет селекции на кратковременную почвенную засуху в фазе 2—4 листьев в условиях лабораторного опыта и в фазах колошения—цветения в условиях вегетационного опыта в зависимости от площадей активной поверхности корней растений.

Методика

Объекты изучения — старый сорт Мироновская 808, созданный в Мироновском институте пшеницы им. В.Н. Ремесло и районированный в Советском Союзе с 1963 г., а также новые высокопродуктивные сорта Фаворитка и Смуглянка (оригинаторы Институт физиологии растений и генетики НАН Украины и Мироновский институт пшеницы им. В.Н. Ремесло НААН Украины), включенные в реестр перспективных сортов Украины соответственно в 2004 и 2005 г. Изучали также высокопродуктивные сорта Донской полукарлик, созданный во Всесоюзном научно-исследовательском институте сорго и других зерновых культур, и сорт Полесская 90, созданный в Институте земледелия НААН Украины, районированные соответственно с 1984 и 1985 г. для выращивания в Лесостепной и Полесской зонах Украины. Средняя высота растений сорта Мироновская 808 составляет 132 ± 3 см, высота новых сортов — 86—88 см.

В лабораторном опыте растения выращивали в сосудах вместимостью 800 г дерново-подзолистой почвы, по 20 растений на сосуд при влажности почвы 70 % полной влагоемкости (ПВ, контроль), освещенности 10 тыс. лк, температуре воздуха 20 °С и его относительной влажности 70 %. В фазе 2—4 листьев влажность почвы путем прекращения полива в половине сосудов снижали до 25 % ПВ на 7 сут, после чего влажность почвы в этих сосудах повышали до уровня контроля.

В вегетационном опыте растения выращивали в сосудах Вагнера на 7 кг сухой дерново-подзолистой почвы с внесением при закладке опыта НРК в расчете по 1 г действующего вещества на сосуд.

Согласно модифицированному нами методу Сабинина—Колосова, для определения площади поверхности корней растений использовали 0,0002 н раствор красителя метиленового голубого (МГ) —

$C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$ — раствор 64 мг МГ в 1000 мл дистиллированной воды. Раствор МГ наливали в три пронумерованных стакана, причем объем раствора в каждом стакане был в 10 раз больше объема корней. Пучок тщательно отмытых корней последовательно на 1,5 мин погружали в каждый стакан с раствором МГ. Общую площадь поверхности корней вычисляли по изменению содержания МГ в первых двух стаканах, а площадь активной поверхности корней — по изменению содержания МГ в третьем стакане после погружения в него пучка корней. Содержание МГ в растворах определяли на спектрофотометре по значениям коэффициента пропускания света $K_{мс}$ при 700 нм по формуле

$$МГ_n \text{ (мг)} = (30,53 K_{мс} - 0,174) \cdot V_n/1000,$$

где максимальное значение $K_{мс} = 2,102$; V — объем раствора в каждом стакане, мл.

Расчеты проводили с учетом того, что 1 мг МГ адсорбируется 1,1 м² поверхности корней.

Корнеобеспеченность растений рассчитывали как соотношение масс сухого вещества корней и надземной части растений.

Результаты и обсуждение

Данные лабораторного опыта приведены в табл. 1, 2, вегетационного опыта — в табл. 3—5 и на рис. 1, 2.

Согласно данным лабораторного опыта, в фазе 2—4 листьев видны четкие различия изученных сортов по реакции растений на кратковременную засуху — изменение соотношения массы корней к массе надзем-

ТАБЛИЦА 1. Масса сухого вещества надземной части ($M_{нз}$) и корней (M_k) у растений озимой пшеницы разных сортов в фазе 2—4 листьев при действии засухи, г/сосуд

Вариант	$M_{нз}$	M_k	$M_k/M_{нз}$
Мироновская 808			
Контроль	22 ± 2	10 ± 1	0,45
Засуха	17 ± 2	6 ± 1	0,35
З/К	0,77	0,60	0,78
Фаворитка			
Контроль	24 ± 2	9 ± 1	0,38
Засуха	15 ± 2	8 ± 1	0,53
З/К	0,62	0,89	1,38
Полеская 90			
Контроль	19 ± 1	9 ± 1	0,47
Засуха	15 ± 1	8 ± 1	0,53
З/К	0,79	0,89	1,13
Донской полукарлик			
Контроль	18 ± 1	9 ± 1	0,50
Засуха	19 ± 1	10 ± 1	0,53
З/К	1,05	0,89	1,06

Примечание. Здесь и в табл. 2, 4, 5: К — контроль, З — засуха.

РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

ТАБЛИЦА 2. Действие и последствие кратковременной почвенной засухи на общую ($S_{к.общ}$) и активную ($S_{к.акт}$) площадь поверхности корней растений разных сортов озимой пшеницы в фазе 2—4 листьев, m^2

Вариант	Засуха, 7 сут		После засухи, 5 сут	
	$S_{к.общ}$	$S_{к.акт}$	$S_{к.общ}$	$S_{к.акт}$
Мироновская 808				
Контроль	0,329	0,194	0,415	0,266
Засуха	0,228	0,131	0,387	0,151
З/К	0,69	0,68	0,93	0,57
Фаворитка				
Контроль	0,370	0,202	0,418	0,209
Засуха	0,319	0,205	0,404	0,207
З/К	0,86	1,01	0,97	0,99
Полесская 90				
Контроль	0,402	0,218	0,402	0,218
Засуха	0,372	0,172	0,372	0,172
З/К	0,92	0,83	0,92	0,79
Донской полукарлик				
Контроль	0,367	0,187	0,440	0,210
Засуха	0,287	0,173	0,425	0,175
З/К	0,78	0,92	0,97	0,83
НСР _{0,95}	0,011	0,009	0,012	0,007

ной части растений ($M_{к}/M_{нз}$) как показателя их корнеобеспеченности. У наименее засухоустойчивого сорта пшеницы Мироновская 808 этот показатель при засухе снижался до 0,78, у новых сортов — возрастал, но по-разному: больше всего соотношение $M_{к}/M_{нз}$ увеличивалось у сорта Фаворитка — в 1,38 раза, меньше всего — у сорта Донской полукарлик — в 1,06 раза, а сорт Полесская 90 занимал промежуточное положение — 1,13 раза. Есть основание считать, что этот простой показатель можно использовать для оценки сортов озимой пшеницы в фазе 2—4 листьев на засухоустойчивость.

В этом же опыте получены данные о площадях общей ($S_{к.общ}$) и активной ($S_{к.акт}$) поверхностей корней растений в фазе 2—4 листьев, а также данные о действии и последствии 7-суточной засухи на эти показатели (табл. 2). При оптимальной влажности почвы площадь активной поверхности корней растений новых сортов в этой фазе лишь немного больше, чем у сорта Мироновская 808 (на 4—12 %), однако при засухе разница возрастает. Через 5 сут после прекращения засухи площадь активной поверхности корней была наибольшей у сорта Фаворитка.

В вегетационном опыте (табл. 3) в фазе колошения—цветения при оптимальной влажности почвы среди изученных сортов пшеницы наибольшую площадь активной поверхности корней имели растения сорта Смуглянка (в 2,17 раза по сравнению с растениями сорта Мироновская 808), меньшую — растения сортов Полесская 90 и Донской полукарлик (соответственно в 1,83 и 1,72 раза). После засухи эти соотношения составили соответственно 1,85, 1,48 и 1,38 раза. Таким образом, сорт Смуг-

ТАБЛИЦА 3. Действие и последствие кратковременной почвенной засухи (11 сут) на общую ($S_{к.общ}$) и активную ($S_{к.акт}$) площадь поверхности корней растений разных сортов озимой пшеницы в фазе колошения—цветения, м²

Вариант	Засуха		После засухи	
	$S_{к.общ}$	$S_{к.акт}$	$S_{к.общ}$	$S_{к.акт}$
Мироновская 808				
Контроль	1,92 ± 0,20	0,51 ± 0,08	1,98 ± 0,20	0,49 ± 0,03
Засуха	1,14 ± 0,17	0,33 ± 0,07	1,90 ± 0,21	0,47 ± 0,06
Смуглянка				
Контроль	2,53 ± 0,17	1,11 ± 0,16	2,37 ± 0,10	1,07 ± 0,10
Засуха	2,00 ± 0,11	0,89 ± 0,10	2,19 ± 0,07	0,87 ± 0,06
Полеская 90				
Контроль	2,36 ± 0,12	0,97 ± 0,08	2,01 ± 0,11	0,98 ± 0,08
Засуха	2,36 ± 0,13	0,68 ± 0,06	2,17 ± 0,11	0,70 ± 0,04
Донской полукарлик				
Контроль	2,12 ± 0,10	0,88 ± 0,07	2,23 ± 0,11	0,92 ± 0,08
Засуха	1,60 ± 0,10	0,55 ± 0,06	2,12 ± 0,09	0,65 ± 0,03

лянка среди изученных сортов продемонстрировал наибольшую засухоустойчивость.

В табл. 4 представлены данные о массе 1000 зерен, озерненности колосьев, массе зерна с колоса у изученных сортов пшеницы. Масса зер-

ТАБЛИЦА 4. Влияние почвенной засухи в фазе колошения—цветения на зерновую продуктивность различных сортов озимой пшеницы

Вариант	Масса зерна, г/колос	Масса 1000 зерен, г
Мироновская 808		
Контроль	0,81	40,1
Засуха	0,64	32,2
З/К	0,79	0,80
Смуглянка		
Контроль	1,18	44,8
Засуха	0,92	41,1
З/К	0,79	0,91
Полеская 90		
Контроль	1,03	42,4
Засуха	0,75	35,6
З/К	0,73	0,84
Донской полукарлик		
Контроль	0,97	43,7
Засуха	0,80	39,6
З/К	0,82	0,91
НСР _{0,95}	0,04	0,8

на с одного колоса главного побега у растений сорта Смуглянка больше, чем у сорта Мироновская 808, в 1,40 раза благодаря большей озерненности колоса (в среднем в 1,18 раза) и большей массе 1000 зерен (в 1,34 раза). Показатель хозяйственной эффективности урожая $K_{хоз}$ сорта Смуглянка составил 0,52, сорта Мироновская 808 — 0,32.

По данным табл. 4 построены регрессионные зависимости массы зерна с колоса и массы 1000 зерен от площади активной поверхности корней растений озимой пшеницы изученных сортов в фазе колошения—цветения и рассчитаны коэффициенты корреляции.

На рис. 1 представлена зависимость массы зерна с колоса главного побега от площади активной поверхности его корневой системы по данным, полученным при оптимальной влажности почвы и после кратковременной засухи. Установлена тесная корреляция ($R = 0,94$) между этими показателями, что подтверждает важную роль корневой системы в формировании урожая при водном стрессе.

Рис. 2 отражает зависимость массы 1000 зерен у растений исследованных сортов от площади активной поверхности их корней. Коэффициент корреляции R составляет 0,84, поэтому массу 1000 зерен можно использовать при водном дефиците как показатель оценки сортов озимой пшеницы на засухоустойчивость.

В табл. 5 приведены данные о содержании хлорофиллов a и b , суммы хлорофиллов $a + b$, а также каротиноидов во флаговых листьях. Установлено, что у интенсивных сортов пшеницы содержание суммы хлорофиллов во флаговых листьях в среднем в 1,36 раза выше, чем у сорта Мироновская 808, однако четкой связи этих показателей с площадью активной поверхности корней растений разных сортов не наблюдалась.

Таким образом, согласно полученным данным, повышенная устойчивость современных высокопродуктивных сортов озимой пшеницы Смуглянка, Фаворитка, Полесская 90 и Донской полукарлик к действию кратковременной почвенной засухи на разных этапах онтогенеза и более высокий потенциал их зерновой продуктивности по сравнению со старым сортом более ранней селекции Мироновская 808 связаны с большей

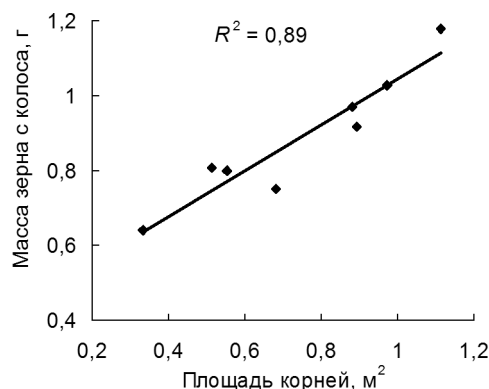


Рис. 1. Зависимость массы зерна с колоса главного побега различных сортов озимой пшеницы от площади активной поверхности корней растений в фазе колошения—цветения при оптимальной влажности почвы и кратковременной почвенной засухе

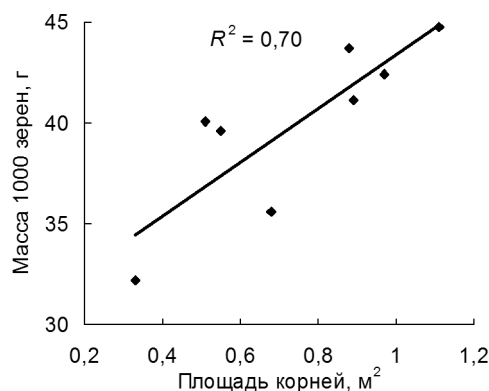


Рис. 2. Зависимость массы 1000 зерен растений различных сортов озимой пшеницы от площади активной поверхности корней в фазе колошения—цветения при оптимальной влажности почвы и кратковременной почвенной засухе

ТАБЛИЦА 5. Содержание пигментов (мг/г сырого вещества) во флаговых листьях различных сортов озимой пшеницы в фазе колошения—цветения

Вариант	До засухи			После засухи		
	Хл. <i>a</i>	Хл. <i>b</i>	Каротиноиды	Хл. <i>a</i>	Хл. <i>b</i>	Каротиноиды
Мироновская 808						
Контроль	3,15	1,33	1,87	3,05	1,63	2,30
Засуха	2,43	1,05	1,50	2,66	1,17	1,83
З/К	0,77	0,79	0,80	0,87	0,72	0,80
Смуглянка						
Контроль	3,70	1,90	1,88	3,89	1,82	2,00
Засуха	3,22	1,53	1,76	3,70	1,64	2,46
З/К	0,87	0,80	0,94	0,95	0,90	1,23
Полесская 90						
Контроль	4,37	1,73	2,30	4,90	1,66	2,46
Засуха	2,84	1,20	1,53	3,77	1,36	1,81
З/К	0,65	0,69	0,57	0,77	0,82	0,74
Донской полукарлик						
Контроль	4,14	1,99	1,98	3,82	1,41	2,00
Засуха	3,11	1,38	1,89	2,65	1,56	1,73
З/К	0,75	0,69	0,95	0,69	1,11	0,86
НСР _{0,95}	0,05	0,03	0,05	0,06	0,03	0,07

площадь активной поверхности корней, определяющей лучшую корнеобеспеченность растений. Повышение этого показателя при действии кратковременной почвенной засухи на самых ранних этапах онтогенеза растений (в фазе 2—4 листьев), а также связь продуктивности сортов с площадью активной поверхности корней растений указывает на возможность использования этих признаков для оценки засухоустойчивости сортов в селекционной практике.

1. Бондаренко В.И., Ткалич И.Д. Значение узловых и зародышевых корней в формировании продуктивности озимой пшеницы // Докл. ВАСХНИЛ. — 1971. — № 1. — С. 5—7.
2. Викторов Д.П. Практикум по физиологии растений. Биология. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1991. — 158 с.
3. Данильчук П.В., Яценко Г.К., Шватаковская М.Л. Развитие надземной массы и корней // Докл. ВАСХНИЛ. — 1972. — № 8. — С. 10—12.
4. Задонцев А.И., Бондаренко В.И., Самошкин А.А. Возрастные изменения в формировании активно поглощающей поверхности корневой системы озимой пшеницы // Физиология и биохимия культ. растений. — 1970. — 2, вып. 3. — С. 254—258.
5. Кириченко Ф.Г., Паламарчук П.В. Связь первичной корневой системы с высотой растений и устойчивостью к полеганию у озимой пшеницы // Докл. ВАСХНИЛ. — 1980. — № 9. — С. 3—5.
6. Колосов И.И. Поглощательная деятельность корневых систем. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 389 с.
7. Лукина Л.Ф., Слушная Н.П. Физиологические особенности растений озимой пшеницы, различающихся по мощности корневой системы // Докл. ВАСХНИЛ, 1971. — № 9. — С. 3—10.
8. Применение физиологии в селекции пшеницы. — Киев: Логос, 2007. — 492 с.
9. Сафонов А.Ф. Формирование поглощающей поверхности корневых систем сортов озимой пшеницы // Изв. ТСХА. — 1974. — № 6. — С. 48—55.

РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

10. *Waines J.G., Ehdai B.* Domestication and crop physiology: roots of green-revolution wheat // *Ann. Bot.* — 2007. — **100**. — P. 991—998.

Получено 21.07.2009

РЕАКЦІЯ РОСЛИН РІЗНИХ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ НА КОРОТКОЧАСНУ ГРУНТОВУ ПОСУХУ

В.І. Ткачов, Б.І. Гуляєв

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, Київ

Досліджено реакцію рослин різних сортів озимої пшениці на короткочасну ґрунтову посуху. Встановлено, що підвищена посухостійкість рослин нових сортів і їх вища зернова продуктивність пов'язані з більшою площею активної поверхні коренів як за оптимальної вологості ґрунту, так і після посухи.

RESPONSE OF PLANTS OF DIFFERENT WINTER WHEAT VARIETIES TO A BRIEF SOIL DROUGHT

V.I. Tkachov, B.I. Gulyaev

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

The response of plants of different wheat varieties to a brief soil drought was investigated. It was found that larger drought-tolerance of the plants of new varieties and their higher grain productivity are related to the greater area of active root surface of both at optimum humidity of soil and after a drought.

Key words: *Triticum aestivum* L., winter wheat, varieties, drought-tolerance, root area, productivity.