

ASSESSMENT OF DURUM WHEAT (*T. DURUM DESF*) HYBRIDS RESISTANCE TO DROUGHT AND SALINITY UNDER LABORATORY AND FIELD CONDITIONS

Abishova X.,
PhD

Aliyev R.,
Prof.

Abdullayeva L.
Sc. Researcher

Institute of Generic Resources of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Azadliq 155,
Baku, Az1106

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГИБРИДОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*T. DURUM DESF*) К ЗАСУХЕ И СОЛЕВОМУ СТРЕССУ В ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Абышова Х.Ш.
Доктор фил. наук

Алиев Р.Т.
Профессор

Абдуллаева Л.С.
науч. сотрудник

Институт Генетических Ресурсов Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики, Азадлыг 155, г. Баку, Аз1106
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15298367>

Abstract

The aim of this study was to assess the resistance of durum wheat (*T. durum Desf*) hybrids to drought and salinity under laboratory and field conditions. For this purpose, samples of durum wheat (*T. durum Desf*) collected at the Absheron Scientific Research were used. The samples were obtained from the Genbank of Institute of Genetic Resources. In 2023, direct and reciprocal crosses were carried out between the following durum wheat samples k-11 v. *hordeiforme*, 11272 AG-3118, k-59 v. *leucomelan*, k-43 v. *murciense*, black-awned wheat 2, v. *apulicum*, Sort Barakatli 95, k-194 v. *courulenssens*, k-11 v. *hordeiforme*, k-44 v. *murciense*, k-20 v. *leucomelan*, k-48 (8) v. *melanopus*, k-183 v. *albuprovinsale* and k-42 v. *affine*. In 2024 the F₁ generation seeds of durum wheat (*T. durum Desf*) obtained as a result of the hybridization were sown on the experimental plot of the Absheron Scientific Research Base of the Azerbaijan Republic.

In the course of the study, work was carried out with 21 combinations of durum wheat (paternal, maternal forms and hybrids) and changes in chlorophyll and carotenoid content under the influence of abiotic stresses (drought, salinity) at the heading stage were examined. In addition the productivity of these samples plant height, spike length, number of spikelet's per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, and weight of 1000 grains. From the 21 durum wheat combinations, 9 samples were selected that were resistance to both drought and salinity. Maternal form AG-3118, Gomur, hybrid AG-3118 × Gomur hybrid Gomur × AG-3118, Maternal form ♀ k-42 *affine*, paternal form ♂ Gomur, hybrid Gomur × k-42 *affine*, hybrid k-42 *affine* × hybrid Gomur, k-42 *Affine* ♂.

The experiments conducted made it possible to identify genotypes with a high degree of tolerance to these types of stress. The results obtained may be used in the selection and introduction of new varieties of durum wheat

Аннотация

Целью настоящего исследования явилась оценка устойчивости гибридов твёрдой пшеницы (*T. durum Desf.*) к засухе и засолению в лабораторных и полевых условиях. В этих целях были взяты образцы твердой пшеницы (*T. durum Desf.*), высажены на Апшеронской, научно-исследовательской базе полученные из Генбанка, действующего при Институте Генетических Ресурсов. В 2023 году были проведены прямое и реципрокное скрещивание между образцами: k-11 v. *hordeiforme*, 11272 AG-3118, k-59 v. *leucomelan*, k-43 v. *murciense*, черноостый 2, v. *apulicum*, сорт Баракатлы 95, k-194 v. *courulenssens*, k-11 v. *hordeiforme*, k-44 v. *murciense*, k-20 v. *leucomelan*, k-48 (8) v. *melanopus*, k-183 v. *albuprovinsale* и k-42 v. *affine*. В 2024 году полученные семена поколения F₁ твердой пшеницы (*T. durum Desf.*), были посажены на опытном участке Апшеронской научно-исследовательской базы Азербайджанской Республики.

В ходе исследования проведены работы с 21 комбинацией твердой пшеницы (отцовские♂, материнские♀ формы и гибриды), изучены изменения содержания хлорофилла и каротиноидов под воздействием абиотических стрессов (засуха, засоление) в фазе колошения. Кроме того, продуктивность данных образцов (отцовские♂, материнские♀ формы и гибриды) изучалась по шести параметрам: Высота растения, длина колоса, количество колосков в колосе, число зерен в колосе, масса зерен в колосе, масса 1000 зерен. Из 21 комбинации твердой пшеницы были отобраны 9 образцов, устойчивых как к засухе, так и к засолению: Материнская форма ♀ AG-3118, Отцовская форма ♂ Гомур, гибрид AG-3118 × Гомур, гибрид Гомур × AG-3118, Материнская форма ♀ k-42 *affine*, Отцовская форма ♂ Гомур, гибрид Гомур × k-42 *affine*, гибрид k-42 *affine* × гибрид Гомур, k-42 *affine* ♂. Проведённые опыты позволили выявить генотипы, обладающие высокой степенью толерантности к данным видам стресса и полученные результаты могут быть использованы при селекции и интродукции устойчивых сортов твёрдой пшеницы.

Keywords: drought resistance, salinity resistance, chlorophyll, plant height, grain weight per spike

Ключевые слова: засухоустойчивость, солеустойчивость, хлорофилл, высота растений, масса зерен в колосе.

Введение: Современное растениеводство сталкивается с возрастающими вызовами, связанными с глобальными климатическими изменениями и деградацией почв. Одними из наиболее опасных абиотических стрессов являются засуха и засоление, ограничивающие продуктивность сельскохозяйственных культур. В этих условиях особую актуальность приобретает селекция сортов и гибридов, обладающих высокой адаптивной способностью [5, с.343].

Анализ комплекса факторов засухоустойчивости говорит об их многообразии, сложности и динамичности этого явления в целом. Поэтому направленное выведение новых устойчивых форм может быть успешным лишь при условии ясного представления об особенностях различия исходных сортов, изменений в обмене веществ, вызванных засухой, и природе адаптаций к ее действию. Проблема засухоустойчивости продолжает оставаться одной из актуальных проблем физиологии растений.

Твёрдая пшеница (*T. durum Desf*) важная продовольственная культура, особенно в странах с засушливым климатом. Повышение её устойчивости к неблагоприятным условиям среды представляет собой приоритетное направление в селекции. Настоящее исследование направлено на комплексную оценку устойчивости гибридных форм (*T. durum Desf*) к водному и солевому стрессу [1, с.164].

Цель исследования: – Были использованы гибридные линии твёрдой пшеницы (*T. durum Desf*), полученных в результате скрещивания различных селекционных форм, определение изменения в листьях количественного содержания хлорофилла *a* и *b* у различных сортов твердой пшеницы (*T.durum Desf.*) под действием стресса (засухи, засоления). Также изучение структурного анализа по шести (высота растения, длина колоса, количество колосков в колосе, число зерен в колосе, масса зерен в колосе, масса 1000 зерен.). параметрам.

Материалы и методика. Исследования были выполнены в 2023-2024 году в лаборатории физиологии растений. Исследования устойчивости растений к засухе проводили по степени стресс - депрессии фотосинтетического пигментного комплекса (содержание общей суммы хлорофилла) в растворе осмотика (сахарозы 20 атм, соли 14 атм). Оценка устойчивости растений к засухе, солевому стрессу, по величине снижения концентрации пигментов проводили, используя высечки листьев, помещенные в пробирки с раствором осмотика (сахарозы), с раствором осмотика (соли) и водой (контроль), после чего для экстракции пигментов материал помещали в пробирки с 10 мл 96% этанола. С помощью современного спектрофотометра (UV - 3100PC, Япония) устанавливалась величина оптической плотности (*D*) хлорофилла *a* и *b* в общей смеси пигментов при двух длинах волны (*D*_{665,649}), соответствующих максимумам поглощения пигментов в

данном растворе. По полученным данным было рассчитано отношение (в процентах) концентрации пигментов в высечках листьев на растворах осмотика (опыт) к концентрации их в воде (контроль). Это отношение и является мерой для определения относительной засухоустойчивости сравниваемых объектов [3, с.151-161].

Следующим методом является изучение засухоустойчивости в полевых условиях. Посев проводился по стандартной методике. Для изучения устойчивости, сорта пшеницы были посеяны на территории Института Генетических Ресурсов. Посев отвечал требованиям международного дескриптора, т.е. расстояние между растениями равнялось 5 см, а расстояние между рядами – 20 см. Учет производился по фенологическим фазам развития урожайности, (рост растения, масса зерна, вес и длина колоса, число колосков в одном колосе, число зерен, масса 1000 зерен). Эта методика позволяет относительно определить среднюю продуктивность сортов и широко используется при определении засухоустойчивости растения. [4, с. 943-945].

Результаты и обсуждения: 2023 году была проведена прямая и реципрокная гибридизация между образцами k-11 v.*hordeiforme*, 11272 AG-3118, k-59 v.*leucomelan*, k-43 v.*murciense*, черноостый 2, v. *apulicum*, Сорт Баракатлы 95, k-194 v. *courulenssens*, k-11 v.*hordeiforme*, k-44 v.*murciense*, k-20 v.*leucomelan*, k-48 (8) v.*melanopus*, k-183 v. *albuprovinsale* и k-42 v.*affine*.

В результате гибридизации k-11 v.*hordeiforme* x черноостый 2, v. *apulicum* было получено 21 семян. В качестве родительской формы у черноостый 2, v. *apulicum* x k-11 v.*hordeiforme* было получено 10 семян. При скрещивании образцов k-59 v.*leucomelan* x k-43 v.*murciense* было получено 9 семян. При гибридизации образцов k-43 v. *murciense* x k-59 v. *leucomelan*, k-42v.*affine* x k-11v.*hordeiforme* не были получены семена. Во время гибридизации K-11v.*hordeiforme* x k-42v.*affine* были получены два семени.

Из гибридной комбинации k-183 v.*albuprovinsale* x Сорт Баракатлы 95 взятая в качестве родительской формы, были получены 15 семян. Из гибридной комбинации Сорт Баракатлы 95 x 014 k-183 v.*albuprovinsale* зерен не оказалось. От гибридной комбинации k-11v.*hordeiforme* x k-44 v.*murciense*, взятой как за материнскую, так и за отцовскую, в обоих случаях было получено по 52 семени. При скрещивании k-11v.*hordeiforme* x k-48 (8) v.*melanopus* два семени, а из гибридной комбинации k-48 (8) v.*melanopus* x k-11v.*hordeiforme* получено восемнадцать семян. Во время гибридизации образцов k-20 v.*leucomelan* x k-014-194 v. *courulenssens* получено тридцать семь семян. При скрещивании комбинации k-014-194 v. *courulenssens* x k-20 v.*leucomelan* семена отсутствовали.

Показатели засуха и солеустойчивости в листьях 21 образца твердой пшеницы (T. durum Desf.) из-за изменения количества хлорофилла

Таблица 1.1.

№	Каталог №	Название образцов	Хл (a+b) в мкг на единицу площади листа			Изменение количества хлорофилла под воздействием стресса в %		Изменение количества каротиноидов под воздействием стресса в %	
			Контроль	Засуха	Соль	Засуха	Соль	Засуха	Соль
1	11272	♀ AG-3118	5,94	6,60	8,79	111%	147%	150%	132%
2		♂ Гомур	6,60	7,94	7,03	120%	106%	110%	108%
3		Гибрид AG -3118 x Гомур	6,43	6,52	7,50	101%	116%	140%	113%
4		Гибрид Гомур AG -3118	6,45	6,65	7,52	103%	116%	130%	128%
5	k-40	♀ v.melanopus. v. courulescence	5,03	4,23	4,53	84%	90%	100%	110%
6	k-44	♂ v. murcienne	7,74	6,76	7,15	92%	87%	110%	101%
7		Гибрид v.melanopus. v. v. courulescence x v. murcienne	6,00	5,67	6,02	94%	100%	128%	103%
8		Гибрид v. murcienne x v.melanopus. v. v. courulescence x v. murcienne	6,01	5,68	6,02	94%	100%	102%	115%
9		♀ Гомур	5,66	5,13	5,31	90%	93%	109%	120%
10	K-42	♂ v. affine	7,00	5,25	5,86	102%	105%	115%	118%
11		Гибрид Гомур x v. affine	6,35	5,57	5,25	87%	82%	110%	120%
12	2382	♀ 2382 Сорт Баракатлы 95	7,30	6,58	7,08	90%	96%	112%	116%
13	K- 39	♂ v. lyubicum	17,03	15,85	16,48	93%	96%	102%	119%
14		Гибрид v. lyubicum x Сорт Баракатлы 95	8,68	7,27	8,96	96%	81%	120%	113%
15	K-42	♂ v. affine	7,82	8,50	8,72	108%	111%	125%	121%
16		♂ Гомур	6,60	7,94	7,03	120%	106%	125%	119%
17		Гибрид v. v. affine x Гомур	6,34	6,50	6,71	102%	106%	111%	137%
18		Гибрид Гомур x v. v. affine	6,35	6,55	6,76	103%	106%	110%	120%
19	k-57	♀ v. apulicum	18,21	15,27	16,04	83%	88%	113%	107%
20	K-40	♂ v. melonoliscum	19,33	17,81	17,83	92%	92%	118%	130%
21		Гибрид v. apulicum x v. melonoliscum	7,53	5,44	7,86	72%	104%	107%	141%

В качестве объекта исследований 2024 году были высажены семена твердой пшеницы (*T. durum* Desf.) поколения F₁ взятой с опытного участка Абшеронской научно-исследовательской базы. Исследования проведены на сочетаниях 21 формы твердой пшеницы (*T. durum* Desf.) (Отец♂, Мать♀, гибрид) и определены изменения количества хлорофилла и каротиноидов, вызванные действием абиотических стрессов (засухи, засоления) в фазе колошения.

Также изучались показатели продуктивности этих образцов (Отец♂, Мать♀, гибрид) по 6 параметрам (высота растения, длина колоса, количество колосков в колосе, количество зерен в колосе, масса зерна в колосе, масса 1000 зерен).

Десять образцов к-40 ♀ *v.melanopus. v. courulescence*; к-44 ♂ *v. murciance*; гибрид *v.melanopus. v. v. courulescence* x *v. murciance*; гибрид *v. murciance* x *v.melanopus. v. v. courulescence*; гибрид Гомур x к-42 *affine*; 2382 ♀ Сорт Баракатлы 95; к-39 ♂ *v.lyubicum*; гибрид *v.lyubicum* x Сорт Баракатлы 95; к-57 ♀ *v.apulicum*; к-40 ♂ *v.melonolucurum*; выбраны как засухоустойчивые. Степень стресс-депрессии хлорофилла колеблется в пределах 83%-96%. Один образец гибрида *v.apulicum* x *v.melonolucurum* (72%) выбран как умеренно устойчивый к засухе. Никаких чувствительных образцов обнаружено не было.

Десять из 21 изученного образца твердой пшеницы (*T. durum* Desf.): ♀ AG-3118; ♂ Гомур; гибрид AG-3118 x Гомур; гибрид Гомур x AG-3118; ♀ к-42 *affine*; ♂ Гомур; гибрид к-42 *affine* x Гомур; гибрид Гомур x к-42 *affine*; гибрид *v.apulicum* x *v.melonolucurum*; Отец к-42 *affine* были выбраны как обладающие высокой солеустойчивостью. Изменения количества хлорофилла под действием NaCl наблюдались в пределах 104–147%.

11 образцов к-40 ♀ *v.melanopus. v. v. courulescence*; к-44 ♂ *v. murciance*; гибрид *v.melanopus. v. v. courulescence* x *v. murciance*; гибрид *v. murciance* x *v.melanopus. v. courulescence*; ♀ Гомур; гибрид Гомур x к-42 *affine*; 2382 ♀ Сорт Баракатлы 95; к-39 ♂ *v.lyubicum*; гибрид *v.lyubicum* x Сорт Баракатлы 95; к-57 ♀ *v.apulicum*; к-40 ♂ *v.melonolucurum* были оценены как солеустойчивые (таблица 1.1). Среднеустойчивые и чувствительные образцы не выявлены.

Изученные комбинации форм твердой пшеницы (Мать♀, Отец♂, гибрид) показали одинаковую устойчивость как к засухе, так и к засолению, что можно объяснить тем, что гены устойчивости более активны в отношении стрессов, которым подвергается растение.

В результате воздействия стрессовых факторов (засуха, засоление) наблюдалось изменение количества каротиноидов, по сравнению с контролем. Это связано с тем, что каротиноиды играют защитную роль в восстановлении хлорофиллов, подвергшихся стрессу. Это выявляется в увеличении их количества.

Результаты исследований, проведенных на шести гибридных комбинациях, 3 из которых реципрокные, показали, что гибриды F₂ практически неотличимы от родительских форм по количеству хлорофилла и каротиноидов. Только в одной комбинации (*v. melanopus* x *murciance*) наблюдалось увеличение количества хлорофилла на 11,4% и количества каротиноидов на 13,3%. Однако в этом сочетании, как и в других, не наблюдалось увеличения показателей структурного анализа.

Согласно данным научной литературы, одной из ключевых проблем при выведении толерантных растений с использованием классических селекционных подходов является ограниченность генетических ресурсов устойчивости, а также сложная природа наследования, обусловленная полигенным контролем признаков, эпистатическими взаимодействиями и значительным влиянием факторов внешней среды. Именно по этой причине создание новых засухоустойчивых генотипов растений классическими методами селекции крайне затруднено [2, с. 272-285].

Также проведен структурный анализ урожайности (определение высоты растений, длины колоса, количество колосков в колосе, количество зерен в колосе, массу зерна в колосе, массу 1000 зерен) на изученных формах твердой пшеницы (Отец♂, Мать♀, гибрид). Среди комбинаций, состоящих из 21 формы твердой пшеницы (Отец♂, Мать♀, гибрид) ♀ AG-3118, ♂ Гомур и его гибриды (гибрид AG-3118 x Гомур; Гомур x гибрид AG-3118),

Показатели продуктивности 21 образца твердой пшеницы на Апшеронской научно-исследовательской базе

Таблица 2.

№	Каталог №	Название образцов	Высота растения см.	Длина колоса см.	Количество колосков в колосе, шт.	Количество зерен в колосе шт.	Масса зерен в колосе гр.	Масса 1000 зерен гр
1.	11272	♀ AG-118	110	13	14	65	8,00	70
2.		♂ Гомур	110	11	13	72	8,25	70
3.		Гибрид AG-3118 x Гомур	108	14	13	52	5,10	24
4.		Гибрид Гомур x AG - 3118	106	13	13	55	5,20	51
5.	K-40	♀ <i>v.melanopus</i> , v. v. <i>courulescence</i>	100	9	9	59	5,60	60
6.	K-44	♂ <i>v. turcicence</i>	107	12	11	52	5,20	55
7.		Гибрид <i>v.melanopus</i> , v. v. <i>courulescence</i> x v. <i>turcicence</i>	101	11	9	40	4,00	16
8.		Гибрид <i>v. turcicence</i> x v. <i>melanopus</i> , v. v. <i>courulescence</i> x v. <i>turcicence</i>	106	10	10	44	4,20	32,2
9.		♀ Гомур	110	13	13	74	8,5	75
10.	019 K-42	♂ <i>v.affine</i>	126	12	10	58	5,50	60
11.		Гибрид Гомур x v. <i>affine</i>	113	10	10	49	5,28	52
12.	2382	♀ Сорт Баракаглы 95	100	10	11	55	6,2	59
13.	019 K- 39	♂ <i>v.lyubicum</i>	102	10	11	53	5,15	54
14.		Гибрид <i>v.lyubicum</i> x Сорт Баракаглы 95	-	-	-	-	-	-
15.	019 K-42	♀ <i>v.affine</i>	126	14	15	65	7,71	70
16.		♂ Гомур	110	14	13	69	8,03	71
17.		Гибрид <i>v.affine</i> x Гомур	115	15	14	55	5,15	13
18.		Гибрид Гомур x v. <i>affine</i>	-	-	-	-	-	-
19.	k-57	♀ <i>v.apulicum</i>	100	8	10	45	4,5	50
20.	K-40	♂ <i>v.melonolucurum</i>	102	9	11	46	4,1	51
21.		Гибрид <i>v.apulicum</i> x v. <i>melonolucurum</i>	98	10	11	38	3,5	53,14

♀ Гомур; ♂ k-42 *affine*; гибрид Гомур х k-42 *affine* число колосков (13-15 штук), длина (13-16 см), количество зерен в колосе (56-72 штук), масса зерна в колосе (5,42-8,25г) масса 1000 зерен (гибрид AG-3118 х Гомур) (63-71г) показатели продуктивности были выше по сравнению с другими гибридами (Таблица 2.).

Заключение: Из 21 комбинации твердой пшеницы были отобраны 9 образцов, Материнская форма ♀ AG-3118, Отцовская форма ♂ Гомур, гибрид AG-3118 × Гомур, гибрид Гомур × AG-3118, Материнская форма ♀ k-42 *affine*, Отцовская форма ♂ Гомур, гибрид Гомур × k-42 *affine*, гибрид k-42 *affine* × гибрид Гомур, k-42 *Affine* ♂ устойчивых как к засухе, так и к засолению.

Было определено, что Материнская ♀, и Отцовская ♂ форма сорта Гомур показали высокую устойчивость. Таким образом, изменение количества хлорофилла из-за засухи в этих образцах составило от 101% до 120%.

Анализ двадцать один комбинации форм твердой пшеницы (♂ Отец, Мать ♀, гибрид) показал что гибридные сочетания ♀ AG-3118, ♂ Гомур и его гибриды (гибрид AG-3118 х Гомур; Гомур х гибрид AG-3118), гибрид Мать ♀ Гомур; ♂ k-42 *affine*; гибрид Гомур х k-42 *affine* демонстрируют измененную динамику содержания хлорофилла под влиянием засухи и солевого стресса. Выявлена положительная корреляция между продуктивностью и структурными параметрами, что позволило выделить наиболее устойчивые образцы. Эти образцы были оценены по двум ключевым критериям устойчивости к абиотическим стрессам и основным показателям продуктивности. В итоге: комплексная

оценка устойчивости гибридов (Т. *Desf*) к засухе и засолению позволила выделить образцы с высокой степенью толерантности. Выявленные формы могут быть использованы в дальнейших программах селекции для создания адаптированных сортов, пригодных для выращивания в условиях изменяющегося климата.

Список литературы:

1. Рустамов Х.Н. Генофонд пшеницы (*Triticum* L.) в Азербайджане. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016; 164 [Rustamov Kh.N. The gene pool of wheat (*Triticum* L.) in Azerbaijan. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016; p.164 (in Russian)].
2. Осипова С.В., Островская Р.М., Третьякова А.В. Генетические аспекты засухоустойчивости полиплоидных растений на примере пшеницы *Triticum aestivum* L. Физиология растений 2022, Т №3. [с. 272-285].
3. Удовенко Г.В. Исследование физиологии устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Ленинград 1975. Том 56. Выпуск 1. [с.151-161].
4. Rosielle A., Hambelen J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments // Crop Sci., 1984, v. 21, p. 943-945
5. Алиев Р.Т., Аббасов М.А., Рагимли В.Р. Стресс и адаптация растений Баку-Элм 2014;343. [Aliyev R.T., Abbasov M.A. Rahimli V.R. Stress and plant adaptation. Baku-Science. 2014; p.343.(in Azerbaijan)].