

Научная статья/Research Article

УДК 633.112.1:551.5

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-26-35

Михаил Григорьевич Евдокимов^{1✉}, Вадим Станиславович Юсов²

^{1,2}Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

¹evdokimov@anc55.ru

²usov@anc55.ru

СЕЛЕКЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ТВЕРДОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Цель исследований – провести сравнительную оценку сортов твердой яровой пшеницы по засухоустойчивости в условиях Западной Сибири. Опыты были заложены по пару в условиях южной лесостепи на стационаре лаборатории селекции твердой пшеницы ФГБНУ Омский АНЦ. В многолетних исследованиях (2001–2018 гг.) на большом наборе сортов (26) при изучении урожайности, количества зерен в колосе, массы 1000 зерен определены параметры засухоустойчивости. При этом были рассчитаны следующие показатели по этим признакам: средние за годы исследований, средние в засушливые годы, средние в благоприятные годы, степень снижения при стрессе в сравнении с условиями без стресса, индекс засухоустойчивости (DSI по R.A. Fischer, R. Maurer). Тесты по изученным признакам выявили следующие сорта: по урожайности – Омский изумруд, Алейская, Омская степная, Жемчужина Сибири, по массе 1000 зерен – Безенчукская степная, Омская степная, Алейская, Елизаветинская, Светлана, по количеству зерен в колосе – Омский изумруд, Саратовская золотистая, Жемчужина Сибири, Омская степная, Безенчукская степная. По общей интегральной оценке лучшие показатели получены у сортов Омская степная, Омский изумруд, Безенчукская степная, Алейская, Жемчужина Сибири, Саратовская золотистая. Показатели средних значений при засухе, степени снижения в условиях стресса, индекса засухоустойчивости по признакам урожайности зерна, массы 1000 зерен, количества зерен в колосе являются надежными критериями засухоустойчивости твердой яровой пшеницы. Лучшей дифференцирующей способностью обладают тесты, рассчитанные по урожайности и количеству зерен в колосе.

Ключевые слова: твердая яровая пшеница (*Triticum durum* Desf.), сорт, засухоустойчивость, стресс, урожайность, масса 1000 зерен, количество зерен в колосе, стабильность

Для цитирования: Евдокимов М.Г., Юсов В.С. Селекционные критерии засухоустойчивости твердой яровой пшеницы в условиях Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2024. № 6. С. 26–35. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-26-35.

Mikhail Grigorievich Evdokimov^{1✉}, Vadim Stanislavovich Yusov²

^{1,2}Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

¹evdokimov@anc55.ru

²usov@anc55.ru

SELECTION CRITERIA FOR DROUGHT RESISTANCE OF DURUM SPRING WHEAT IN WESTERN SIBERIA

The aim of research is to conduct a comparative assessment of varieties of durum spring wheat for drought resistance in the conditions of Western Siberia. The experiments were laid out after fallow in the conditions of the southern forest-steppe at the stationary site of the laboratory of selection of durum wheat of the Federal State Budgetary Scientific Institution Omsk Scientific Center. In long-term studies (2001–2018) on a large set of varieties (26), when studying the yield, the number of grains in an ear, the weight of 1000 grains, the parameters of drought resistance were determined. In this case, the following indicators

for these traits were calculated: average over the years of research, average in dry years, average in favorable years, the degree of reduction under stress compared to conditions without stress, the drought resistance index (DSI according to R.A. Fischer, R. Maurer). Tests on the studied characteristics revealed the following varieties: by yield – Omskiy Izumrud, Aleyskaya, Omskaya Stepnaya, Zhemchuzhina Sibiri, by weight of 1000 grains – Bezenchukskaya Stepnaya, Omskaya Stepnaya, Aleyskaya, Elizavetinskaya, Svetlana, by the number of grains in an ear – Omskiy Izumrud, Saratovskaya Zolotistaya, Zhemchuzhina Sibiri, Omskaya Stepnaya, Bezenchukskaya Stepnaya. According to the general integrated assessment, the best indicators were obtained for the varieties Omskaya Stepnaya, Omskiy Izumrud, Bezenchukskaya Stepnaya, Aleyskaya, Zhemchuzhina Sibiri, Saratovskaya Zolotistaya. The indicators of average values under drought, the degree of reduction under stress conditions, the drought resistance index for grain yield, 1000-grain weight, and the number of grains in an ear are reliable criteria for drought resistance of hard spring wheat. The best differentiating ability is possessed by tests calculated by yield and the number of grains in an ear.

Keywords: durum spring wheat (*Triticum durum* Desf.), variety, drought resistance, stress, yield, 1000-grain weight, number of grains per ear, stability

For citation: Evdokimov M.G., Yusov V.S. Selection criteria for drought resistance of durum spring wheat in Western Siberia // Bulliten KrasSAU. 2024;(6): 26–35 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-26-35.

Введение. Западная Сибирь – регион с резко континентальным климатом. В течение вегетационного периода часто проявляются засухи (почвенные, воздушные), которые существенно влияют на уровень урожайности зерна пшеницы, преобладают почвенные, а в отдельные годы наблюдаются оба вида засухи. При этом чаще засушливые условия складываются в первой половине вегетации. В связи с тенденцией постепенного потепления климата в регионе [1–3] в перспективе их отрицательная роль будет возрастать.

Одним из основных критериев сорта является стрессоустойчивость, которая наряду с устойчивостью к засухе в первой половине вегетации подразумевает и другие свойства (переносимость к переувлажнению в конце вегетации, устойчивость к поздним весенним и ранним осенним заморозкам и т. д.) [4].

Засухоустойчивость является сложным признаком, который контролируется полигенами, и на их проявление влияют различные элементы окружающей среды, поэтому селекция по данному признаку очень сложна. При этом проявляются различные реакции на данный стресс: морфологические, физиологические, биохимические и молекулярные [5]. Для оценки засухоустойчивости твердой пшеницы существует множество физиологических методов, основанных на использовании осматиков, определении водоудерживающей способности и т. д. [6–12]. Для практической селекции на ранних этапах при большом объеме селекционного материала и малом количестве зерна эти методы не всегда приемлемы. Для этого нужны тесты, основан-

ные на более доступных показателях, в первую очередь на урожайности, ее компонентах и морфологических свойствах. Длина верхнего междоузлия и высота растения используется как способ оценки засухоустойчивости сортов пшеницы [13]. По данным А.И. Грабовец, М.А. Фоменко [14], масса зерна с единицы площади, уборочный индекс являются показателями адаптации генотипа к засухе. Чаще используются показатели урожайности в условиях засухи, а также сравнения ее уровня при стрессе и в благоприятных условиях [15–21]. В первом случае оценивается агрономическая, во втором – полевая засухоустойчивость. Высокая озерненность колоса в условиях засухи может быть показателем засухоустойчивости пшеницы [22], а также массы 1000 зерен [23].

Цель исследований – провести сравнительную оценку сортов твердой яровой пшеницы по засухоустойчивости в условиях Западной Сибири.

Объекты и методы. Исследования проведены в СибНИИСХ (с 2017 г. ФГБНУ «Омский АНЦ») в 2001–2018 гг. в полевом стационаре лаборатории селекции твердой пшеницы в соответствии с методикой Государственного испытания [24]. Объектом исследований являлись 26 сортов твердой яровой пшеницы. опыты закладывались на делянках площадью 10 м², с нормой высева 4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Срок посева от 12 до 16 мая. Предшественник – чистый пар. Посев проводили в опытах сеялкой ССФК-7, уборку комбайном Nege-125. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный, среднегумусный (6,2 %), тяжелосуглинистый.

В годы проведения исследований метеорологические условия существенно различались. Засушливыми вегетационные периоды за май – август были в следующие годы: 2004, 2008, 2010, 2012, 2014, 2017 (показатели ГТК 0,59–0,74) хорошо увлажненными (ГТК более 1,20) – в 2002, 2003, 2007, 2009, 2018 гг., в остальные годы ГТК составлял 0,91–1,17. Статистическая обработка полученных данных проведена по Б.А. Доспехову [24], по R.A. Fischer, R. Maurer [15, 16], P. Mohammadi et al. [19].

Результаты и их обсуждение. Оценка генотипов на ранних этапах селекционного процесса является важной составляющей успешного отбора засухоустойчивых форм. Наиболее доступными при ранней диагностике являются признаки: урожайность и ее компоненты – количество зерен в колосе и масса 1000 зерен. Поэтому за основу изучения приняты данные показатели.

Средняя урожайность за годы исследования у всех сортов составляла 2,83 т/га с колебаниями от 1,73 (Мехисале 75) до 3,78 т/га (Омский изумруд). В условиях засушливых лет средний показатель достигал 1,80 т/га (табл. 1). Следовательно, потери от засухи составили 36,4 %. Различия по сортам были очень существенны (от 0,97 до 2,60 т/га). Более высокая урожайность была получена по сортам Омский изумруд, Жемчужина Сибири, Омская степная, Алейская. Поскольку в благоприятные годы уровень урожайности у сортов также сильно варьировал (2,34–4,48), степень снижения в условиях засухи составляла от 31,9 до 58,4 %.

Следовательно, полевая засухоустойчивость была выше у сортов Алейская, Омский изумруд, Елизаветинская (показатель снижения 31,9–41,9 %). Индекс засухоустойчивости DSI (Drought susceptibility index), рассчитанный по R.A. Fischer, R. Maurer, показал, что лучшие оценки имеют сорта Алейская, Елизаветинская (0,69–0,89), значение ниже 1,00 имеют сорта Саратовская золотистая, Ник, которые не имели преимуществ по средней урожайности в условиях стресса в наших условиях. Недостатком формулы $DSI = (1 - Y/Y_p) / (1 - X/X_p)$, где DSI – индекс засухоустойчивости; Y – урожайность сорта в условиях стресса; Y_p – урожайность сорта без стресса; X – средняя урожайность по всем сортам при стрессе, X_p – средняя урожайность по всем сортам без стресса, является то, что сорта, выделяющиеся по продуктивности, в условиях стресса и в благоприятных условиях имеют завышенные показатели, а сорта с низкими значениями относятся к засухоустойчивым. Это же наблюдалось нами при оценке генофонда КАСИБ [20]. Поэтому мы ввели поправку индекса с учетом средней урожайности за годы исследований $DSI^* = (1 - Y/Y_p) / (1 - X/X_p) / M/M_p$. С учетом этого сорта Омский изумруд, Алейская, Жемчужина Сибири, Омская степная, Безенчукская степная являются наиболее засухоустойчивыми по этому показателю. В то же время Омский изумруд, Омская степная, Алейская являются и более стабильными, о чем свидетельствует коэффициент вариации (Cv).

Таблица 1

Оценка засухоустойчивости сортов твердой яровой пшеницы по урожайности, среднее за 2001–2018 гг.

Сорт	Урожайность, т/га			Степень снижения, %	Оценка по средней урожайности	DSI	DSI*	Cv, %
	Средняя M	При стрессе Y	Без стресса Y _p					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гордеиформе 10	2,61	1,63	3,03	46,1	3,6	1,00	1,12	33,7
Алмаз	2,67	1,66	3,11	46,5	3,7	1,01	1,10	34,2
Омский рубин	2,97	1,88	3,43	45,1	4,0	0,98	0,96	34,0
Ангел	3,13	1,86	3,68	49,5	4,1	1,08	0,99	35,3
Омская янтарная	3,26	1,92	3,84	50,0	4,3	1,09	0,95	36,6
Омский корунд	3,27	1,86	3,88	52,0	4,3	1,13	0,98	37,2
Жемчуж. Сибири	3,46	2,19	4,01	45,3	4,5	0,99	0,83	33,1
Омская степная	3,25	2,18	3,90	44,1	4,6	0,96	0,83	29,6
Омский изумруд	3,78	2,60	4,48	41,9	4,8	0,91	0,69	29,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Алтайская нива	2,64	1,73	3,25	46,9	3,6	1,02	1,06	37,9
Зарница Алтая	2,77	1,85	3,39	45,6	3,8	0,99	0,98	34,7
Алейская	3,22	2,18	3,65	40,3	4,2	0,88	0,81	29,2
Саратов.золотист.	2,75	1,78	3,16	43,6	3,8	0,95	1,01	32,9
Ник	2,70	1,78	3,17	43,9	3,7	0,95	1,02	42,1
Елизаветинская	2,35	1,68	2,85	41,1	3,4	0,89	1,06	32,0
Безенчукская182	2,75	1,62	3,50	53,9	3,8	1,17	1,13	44,5
Безенчук. янтарь	2,78	1,87	3,23	42,2	3,8	0,92	0,96	34,5
Безенчук. степная	3,07	2,04	3,75	45,8	4,1	0,99	0,89	35,0
Памяти Чеховича	3,08	1,97	3,69	46,6	4,1	1,01	0,93	37,4
Краснокутка10	2,63	1,54	3,09	50,2	3,6	1,09	1,19	42,5
Харьковская 23	2,45	1,54	3,06	49,7	3,5	1,08	1,19	46,4
Харьковская 46	2,56	1,46	3,17	54,1	3,6	1,18	1,25	40,0
Воронежская 9	2,49	1,61	3,07	47,6	3,5	1,03	1,14	44,3
Светлана	2,48	1,54	3,12	50,7	3,5	1,10	1,19	43,4
Таволга	2,79	1,70	3,29	48,5	3,8	1,05	1,08	37,5
Mexicale75	1,73	0,97	2,34	58,4	2,8	1,27	1,83	52,0
Среднее, Мр	2,83	1,80	3,38	46,72	3,86			37,1
НСР ₀₅	0,27	0,22	0,29					

Примечание: Безенчукская степная, Памяти Чеховича – с 2004 г., Омский изумруд, Омская степная – с 2005 г.

Масса 1000 зерен варьировала у сортов от 34,2 до 42,6 г (табл. 2). Крупное зерно сформировали сорта Ангел, Зарница Алтая, Алейская, Краснокутка 10 (42,4–42,6 г), при среднем значении всех сортов 39,7 г. При стрессе оно снизилось до 37,7 г. Выделились сорта Зарница Алтая, Алейская, Безенчукская степная, Саратовская золотистая (40,2–41,3 г). В отсутствие засухи, при среднем значении 40,7 г, крупное зерно было у сортов Ангел, Омский изумруд, Зарница Алтая, Алейская, Краснокутка 10, Саратовская золоти-

стая, Безенчукская степная, Алтайская нива, Безенчукская 182 – более 42,0 г. Степень снижения массы 1000 зерен в сравнении с засухой была невысокой (2,8–19,9 %). Минимальное значение было у сортов Омская степная, Безенчукская степная, Елизаветинская, Алейская (ниже 5 %). По индексу засухоустойчивости выделились сорта Омская степная, Алейская, Елизаветинская, Саратовская золотистая. Варьирование признака было незначительным (8,8–14,0 %).

Таблица 2

Оценка засухоустойчивости сортов твердой яровой пшеницы по массе 1000 зерен, среднее за 2001–2018 гг.

Сорт	Масса 1000 зерен, г			Степень снижения, %	DSI	Cv, %
	Средняя	При стрессе	Без стресса			
1	2	3	4	5	6	7
Гордеиформе 10	38,9	37,0	39,7	6,8	0,89	11,2
Алмаз	40,5	38,1	41,2	7,5	1,00	12,7
Омский рубин	34,2	32,8	34,9	6,0	0,82	11,7

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Ангел	42,6	38,7	44,6	13,2	1,73	14,0
Омская янтарная	37,5	35,2	38,5	8,6	1,13	10,3
Омский корунд	39,4	35,6	41,2	13,6	1,79	13,8
Жемчужина Сибири	38,2	36,2	39,0	7,2	0,96	11,3
Омская степная	39,5	39,1	40,2	2,7	0,37	10,9
Омский изумруд	40,6	37,4	43,8	14,6	0,97	13,8
Алтайская нива	41,0	39,5	42,1	6,2	0,81	13,8
Зарница Алтая	42,6	40,6	43,8	7,3	0,97	11,8
Алейская	42,4	41,1	43,0	4,4	0,59	8,8
Саратовская золотистая	41,9	40,2	42,7	5,9	0,78	10,9
Ник	39,5	37,6	40,5	7,2	0,96	13,7
Елизаветинская	40,7	39,8	41,4	3,9	0,53	10,9
Безенчукская 182	40,9	39,1	42,1	7,1	0,95	11,3
Безенчукский янтарь	39,6	37,6	40,7	7,6	1,01	10,4
Безенчукская степная	41,9	41,3	42,4	2,6	0,34	12,8
Памяти Чеховича	39,9	37,8	40,6	6,9	0,91	14,1
Краснокутка 10	42,4	39,1	43,8	10,7	1,39	11,3
Харьковская 23	39,7	37,3	41,1	9,2	1,22	15,2
Харьковская 46	39,3	35,4	41,0	13,7	1,79	10,5
Воронежская 9	38,6	37,1	39,5	6,1	0,81	15,3
Светлана	39,4	38,5	40,0	3,8	0,49	13,2
Таволга	40,2	38,3	41,0	6,6	0,88	11,8
Mexicali 75	37,3	36,1	38,5	6,2	0,98	8,6
Средняя	39,7	37,7	40,7	8,0	1,0	12,1
НСР ₀₅	3,5	3,2	3,8			

По количеству зерен в колосе также проявляется четкая сортовая специфичность. Различия по этому признаку составили между крайними значениями 9,0 зерен от 19,5 до 28,5. Наиболее озерненные генотипы: Омский рубин, Омский изумруд, Памяти Чеховича, Жемчужина Сибири (табл. 3).

В условиях засухи озерненность этих сортов также была выше, и дополнительно выделились сорта Омская степная, Саратовская золотистая, Безенчукская степная. Значение признака составило у них 25,3–26,9 шт., с превышением среднего значения массива на 2,8–4,4 шт., самые низкие показатели были у сортов Mexicali 75, Воро-

нежская 9 (14,0 и 19,2). Различия между засушливым и благоприятным фоном наименьшими были у сортов Жемчужина Сибири, Омская степная, Омский изумруд, Алтайская нива, Зарница Алтая, Саратовская золотистая – 4,7–8,5 %, в то время как у сортов Mexicali 75, Таволга, Воронежская 9 они составляли 25,9–44,4 %. Индекс засухоустойчивости (DSI) показал, что устойчивыми являются сорта Омский изумруд, Жемчужина Сибири, Омская степная, Зарница Алтая, Алтайская нива, Безенчукская степная, Саратовская золотистая. Среди них наиболее стабильно формируют количество зерен в колосе сорта Омский изумруд, Омская степная ($C_v = 9,7–12,5$ %).

Оценка засухоустойчивости сортов твердой яровой пшеницы по количеству зерен в колосе, среднее за 2001–2018 гг.

Сорт	Количество зерен, шт.			Степень снижения, %	DSI	Cv, %
	Среднее	При стрессе	Без стресса			
Гордеiforme 10	25,0	21,6	27,2	20,6	1,37	19,64
Алмаз	24,6	21,9	26,3	16,6	1,10	17,01
Омский рубин	28,5	26,1	30,0	12,8	0,85	19,26
Ангел	23,8	20,8	25,7	18,8	1,25	18,43
Омская янтарная	26,0	24,0	27,2	11,6	0,77	15,95
Омский корунд	25,7	23,5	27,1	13,5	0,90	16,01
Жемчужина Сибири	27,1	25,8	28,1	8,0	0,53	16,30
Омская степная	26,2	25,3	26,9	6,2	0,41	12,53
Омский изумруд	27,8	26,9	28,5	5,7	0,38	9,65
Алтайская нива	23,5	22,4	24,5	8,5	0,57	16,81
Зарница Алтая	22,6	21,5	23,4	8,2	0,54	17,18
Алейская	24,5	22,2	26,0	14,5	0,96	17,07
Саратовская золотистая	26,2	25,4	26,7	4,7	0,31	20,99
Ник	26,1	22,2	28,5	22,3	1,48	25,49
Елизаветинская	23,3	21,7	24,9	12,5	0,83	20,58
Безенчукская182	25,7	23,1	28,0	17,5	1,16	20,97
Безенчукский янтарь	25,4	21,6	27,8	22,5	1,50	18,05
Безенчукская степная	26,9	25,5	27,9	8,7	0,58	19,76
Памяти Чеховича	27,3	25,5	28,7	11,3	0,75	20,43
Краснокутка10	22,9	21,0	24,2	12,9	0,86	20,44
Харьковская 23	22,5	20,4	24,1	15,5	1,03	22,51
Харьковская 46	22,0	19,4	23,8	18,6	1,23	20,13
Воронежская 9	22,8	19,2	25,9	25,9	1,72	28,61
Светлана	24,9	23,0	26,5	12,9	0,86	20,20
Таволга	24,3	19,6	27,7	29,0	1,93	25,76
Mexicali 75	19,5	14,0	25,1	44,4	2,95	33,94
Средняя	24,9	22,5	26,6	15,6		19,7
НСР ₀₅	2,3	2,1	2,5			

Интегральная оценка генотипов проведена на основе ранговых значений по всем признакам и показателям (табл. 4). Тесты по изученным признакам выявили следующие сорта: по урожайности – Омский изумруд, Алейская, Омская степная, Жемчужина Сибири, по массе 1000 зерен – Безенчукская степная, Омская степная, Алейская, Елизаветинская, Светлана, по количеству зерен в колосе – Омский изумруд, Саратовская золотистая, Жемчужина Сибири, Омская степная, Безенчукская степная. По общей интегральной оценке лучшие показатели получены у сортов Омская степная, Омский

изумруд, Безенчукская степная, Алейская, Жемчужина Сибири, Саратовская золотистая.

Установлено тесное взаимодействие между индексом засухоустойчивости и средней величиной признака в засушливых условиях и степенью его снижения по урожайности, массе 1000 зерен, количеству зерен в колосе (табл. 5). При трактовке значений корреляции нужно иметь в виду: отрицательный коэффициент корреляции со средним значением в условиях стресса означает, что его увеличение снижает показатель DSI, а чем ниже индекс, тем засухоустойчивее генотип.

Ранговые характеристики сортов твердой яровой пшеницы по засухоустойчивости

Сорт	Урожайность				Масса 100 зерен				Количество зерен в колосе				Общая сумма рангов
	При стрессе	Степень снижения	DSI	Сумма рангов	При стрессе	Степень снижения	DSI	Сумма рангов	При стрессе	Степень снижения	DSI	Сумма рангов	
Гордеформе 10	17	12	16	45	16	11	10	37	15	20	19	54	136
Алмаз	16	13	15	44	15	16	15	41	13	16	16	45	130
Омский рубин	8	8	8	24	8	7	8	36	2	11	11	24	84
Ангел	10	16	10	36	10	21	20	49	18	19	19	56	141
Омская янтарная	7	18	7	32	7	18	17	55	7	9	9	25	112
Омский корунд	10	21	11	42	11	22	21	61	8	13	13	34	137
Жемчужина Сибири	2	9	4	15	4	14	13	44	3	4	4	11	70
Омская степная	3	7	3	13	3	2	2	11	6	3	3	12	36
Омский изумруд	1	3	1	5	1	24	14	52	1	2	2	5	62
Алтайская нива	13	14	13	40	13	9	8	23	11	6	6	23	86
Зарница Алтай	11	10	9	30	9	15	14	32	16	5	5	26	88
Алейская	4	1	2	7	2	5	5	12	12	14	14	40	59
Саратовская золотистая	12	5	11	28	11	6	6	16	5	1	1	7	51
Ник	12	6	12	30	12	13	13	39	12	21	20	53	122
Елизаветинская	15	2	13	30	13	4	4	13	14	10	10	34	77
Безенчукская 182	18	22	17	57	17	13	12	32	9	17	17	43	132
Безенчукский янтарь	9	4	8	21	8	17	16	45	15	22	21	58	124
Безенчукская степная	5	11	5	21	5	1	1	3	4	7	7	18	42
Памяти Чеховича	6	13	6	25	6	12	11	34	4	8	8	20	79
Краснокутка 10	20	19	19	58	19	20	18	45	17	12	12	41	144
Харьковская 23	20	17	19	56	19	19	19	51	19	15	15	49	156
Харьковская 46	21	23	20	64	20	23	22	64	21	18	18	57	185
Воронежская 9	19	14	18	51	18	8	7	30	22	23	22	67	148
Светлана	20	20	19	59	19	3	3	15	10	12	12	34	108
Таволга	14	15	14	43	14	10	9	29	20	24	23	67	139
Mexicali 75	22	24	21	67	21	9	18	39	23	25	24	72	178

Коэффициенты корреляции индекса засухоустойчивости (DSI) с тестами урожайности, крупности зерна и озерненности колоса

Показатель	При стрессе	Степень снижения
Урожайность	-0,950	0,748
Масса 1000 зерен	-0,372	0,994
Количество зерен в колосе	-0,839	0,990

Заключение. Многолетние исследования и большой набор сортов позволили выявить наиболее засухоустойчивые формы, наметить и определить критерии, по которым проводить оценку по этому признаку. Показатели средних значений при засухе, степени снижения в условиях стресса, индекса засухоустойчивости по признакам урожайности зерна, массы 1000 зерен, количества зерен в колосе являются надежными критериями засухоустойчивости твердой яровой пшеницы. Лучшей дифференцирующей способностью обладают тесты, рассчитанные по урожайности и количеству зерен в колосе.

Список источников

1. Проблема засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы в Западной Сибири и современные экспресс-методы ее оценки в полевых условиях / В.П. Шаманин [и др.] // Вестник НГАУ. 2016. № 3 (40). С. 57–64.
2. Паромов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г. Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов. 2017. Т. 328, № 1. С. 62–74.
3. Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Пахотина И.В. Зависимость урожайности и качества зерна твердой яровой пшеницы от метеорологических факторов в южной лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5 (71). С. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31.
4. Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений. Новосибирск: Гео, 2018. 439 с.
5. Nezhadahmadi A., Prodhan Z.H., Farug G. Drought Tolerance in Wheat. The Sientifical World Journal. 2013.
6. Засухоустойчивость твердой пшеницы разного эколого-географического происхождения в условиях Нижнего Поволжья / Н.Н. Ко-
жушко [и др.] // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1990. Т. 134. С. 101–106.
7. Кубайли С., Бородина С.А., Семенова Л.В. Солевыносливость, засухо-, жаростойкость коллекции мягкой и твердой пшеницы // Науч.-техн. бюл. ВНИИ растениеводства. 1990. Т. 206. С. 66–67.
8. Бычкова О.В., Хлебова Л.П. Физиологическая оценка засухоустойчивости яровой твердой пшеницы // Acta Biologica Sibirica. 2015. Т. 1, № 1-2. С. 107–116.
9. Каршибаев Х.Х., Покровская М.Н. Создание исходного материала для селекции твердой пшеницы с высокой продуктивностью и засухоустойчивостью // Аграрная наука. 2017. № 4. С. 18–20.
10. Плотникова Л.Я., Глушаков В.А., Юсов В.С. Результаты изучения засухоустойчивости твердой пшеницы и ее компонентов в Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2022. № 4 (48). С. 56–69. DOI: 10.48136/2222-0364-2022-4-56.
11. Venora G., Calcagno F. Influence of the vascular system in *Triticum durum* Desf. on drought adaptation // Cereal Res. Commun. 1991. 19 (3). P. 19–326.
12. Screening of seedlings of durum wheat (*Triticum durum* desf.) cultivars for tolerance to peg-induced drought stress / A. Othmani [et al.] // Pak. J. Bot. 2021. 53 (3). P. 823–832. DOI: 10.30848/PJB2021-3(5).
13. Лепехов С.Б., Коробейников Н.И. Длина верхнего междоузлия и высота растения как способ оценки засухоустойчивости сортов мягкой пшеницы // Достижения науки и техники в АПК. 2013. № 10. С. 22–24.
14. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Совершенствование методологии селекции пшеницы в условиях недостаточного увлажнения // Зерновые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 48–53.

15. Fischer R.A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response // Aust. J. Agric. Res. 1978. 29. P. 897–907.
 16. Янченко В.И., Розова М.В., Мельник В.М. Использование засухоустойчивого генофонда твердой яровой пшеницы в создании высокоадаптивных сортов сибирского экотипа // Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. Алматы, 2004. № 1-2 (7-8). С. 31–36.
 17. Talebi R., Fayaz F., Mohammad Naji A. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf) // General and applied plant physiology. 2009. Vol. 35 (1–2). P. 64–74.
 18. Лепехов С.Б., Коробейников Н.И. Полевая и агрономическая засухоустойчивость сортов мягкой пшеницы в условиях лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского аграрного университета. 2013. № 1 (99). С. 9–12.
 19. Mohammadi P., Mohammadi M., Karimzadeh R. Selection for drought tolerance in durum wheat genotype. // Annals of Biological Research. 2012. 3 (8). P. 3898–3904. URL: <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html> (дата обращения: 24.08.2023).
 20. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников Казахстанско-Сибирской селекции пшеницы / М.Г. Евдокимов [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 5. С. 515–522. DOI: 10.18699/VJ17.23-0.
 21. Пакуль В.Н., Плиско Л.Г. Засухоустойчивость сортов яровой мягкой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 12 (78), ч. 2. С. 49–52.
 22. Удовенко Г.В., Гончарова Э.А. Влияние экстремальных условий среды на структуру урожая сельскохозяйственных растений. Л., 1982. 144 с.
 23. Кравченко Н.С., Ионова Е.В. Параметры адаптивности сортов мягкой озимой пшеницы по признаку «масса 1000 семян» в условиях провокационного фона («засушник») // Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 5–9.
 24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
- ### References
1. Problema zasuhoustojchivosti yarovoj myagkoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri i sovremennye `ekspress-metody eyo ocenki v polevyh usloviyah / V.P. Shamanin [i dr.] // Vestnik NGAU. 2016. № 3 (40). S. 57–64.
 2. Paromov V.V., Zemcov V.A., Kopysov S.G. Klimat Zapadnoj Sibiri v fazu zamedleniya potepleniya (1986–2015 gg.) i prognozirovaniye gidroklimaticheskikh resursov na 2021–2030 gg. // Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring resursov. 2017. T. 328, № 1. S. 62–74.
 3. Evdokimov M.G., Yusov V.S., Pahotina I.V. Zavisimost' urozhajnosti i kachestva zerna tverdoj yarovoj pshenicy ot meteorologicheskikh faktorov v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 5 (71). S. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-26-31.
 4. Goncharov N.P., Goncharov P.L. Metodicheskie osnovy selekcii rastenij. Novosibirsk: Geo, 2018. 439 s.
 5. Nezhadahmadi A., Proadhan Z.H., Farug G. Drought Tolerance in Wheat. The Sientifical World Journal. 2013.
 6. Zasuhojstojchivost' tverdoj pshenicy raznogo `ekologo-geograficheskogo proishozhdeniya v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya / N.N. Kozhushko [i dr.] // Tr. po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 1990. T. 134. S. 101–106.
 7. Kubajli S., Borodina S.A., Semenova L.V. Solevynoslivost', zasuh-, zharostojkost' kollekcii myagkoj i tverdoj pshenicy // Nauch.-tehn. byul. VNII rastenievodstva. 1990. T. 206. S. 66–67.
 8. Bychkova O.V., Hlebova L.P. Fiziologicheskaya ocenka zasuhoustojchivosti yarovoj tverdoj pshenicy // Acta Biologica Sibirica. 2015. T. 1, № 1-2. S. 107–116.
 9. Karshibaev H.H., Pokrovskaya M.N. Sozdanie isxodnogo materiala dlya selekcii tverdoj pshenicy s vysokoj produktivnost'yu i zasuhoustojchivost'yu // Agrarnaya nauka. 2017. № 4. S. 18–20.
 10. Plotnikova L.Ya., Glushakov V.A., Yusov V.S. Rezultaty izucheniya zasuhoustojchivosti tverdoj pshenicy i ee komponentov v Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo GAU. 2022. № 4 (48). S. 56–69. DOI: 10.48136/2222-0364-2022-4-56.
 11. Venora G., Calcagno F. Influence of the vascular system in *Triticum durum* Desf. on

- drought adaptation // Cereal Res. Commun. 1991. 19 (3). P. 19–326.
12. Screening of seedlings of durum wheat (*Triticum durum* desf.) cultivars for tolerance to peg-induced drought stress / A. Othmani [et al.] // Pak. J. Bot. 2021. 53 (3). P. 823–832. DOI: 10.30848/PJB2021-3(5).
 13. Lepelov S.B., Korobejnikov N.I. Dlina verhnego mezhdouzliya i vysota rasteniya kak sposob ocenki zasuhoustojchivosti sortov myagkoj pshenicy // Dostizheniya nauki i tehniki v APK. 2013. № 10. S. 22–24.
 14. Grabovec A.I., Fomenko M.A. Sovershenstvovanie metodologii selekcii pshenicy v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya // Zernovye i krupyanye kul'tury. 2016. № 2 (18). S. 48–53.
 15. Fischer R.A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response // Aust. J. Agric. Res. 1978. 29. P. 897–907.
 16. Yanchenko V.I., Rozova M.V., Mel'nik V.M. Ispol'zovanie zasuhoustojchivogo genofonda tverdoj yarovoj pshenicy v sozdanii vysokoadaptivnyh sortov sibirskogo `ekotipa // Vestnik regional'noj seti po vnedreniyu sortov pshenicy i semenovodstvu. Almaty, 2004. № 1-2 (7-8). S. 31–36.
 17. Talebi R., Fayaz F., Mohammad Naji A. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* desf) // General and applied plant physiology. 2009. Vol. 35 (1-2). P. 64–74.
 18. Lepelov S.B., Korobejnikov N.I. Polevaya i agronomicheskaya zasuhoustojchivost' sortov myagkoj pshenicy v usloviyah lesostepi Altajskogo kraja // Vestnik Altajskogo agrarnogo universiteta. 2013. № 1 (99). S. 9–12.
 19. Mohammadi.P., Mohammadi M., Karimizadeh R. Selection for drought tolerance in durum wheat genotype. // Annals of Biological Research. 2012. 3 (8). P. 3898–3904. URL: <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html> (data obrascheniya: 24.08.2023).
 20. Zasuhoustojchivyy genofond tverdoj yarovoj pshenicy, identifirovannyj v mnogoletnih ispytaniyah pitomnikov Kazahstansko-Sibirskoj selekcii pshenicy / M.G. Evdokimov [i dr.] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21, № 5. S. 515–522. DOI: 10.18699/VJ17.23-o.
 21. Pakul' V.N., Plisko L.G. Zasuhoustojchivost' sortov yarovoj myagkoj pshenicy // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2018. № 12 (78), ch. 2. S. 49–52.
 22. Udovenko G.V., Goncharova E.A. Vliyanie `ekstremal'nyh uslovij sredy na strukturu urozhaya sel'skohozyajstvennyh rastenij. L., 1982. 144 s.
 23. Kravchenko N.S., Ionova E.V. Parametry adaptivnosti sortov myagkoj ozimoj pshenicy po priznaku «massa 1000 semyan» v usloviyah provokacionnogo fona («zasushnik») // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 2. S. 5–9.
 24. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 s.

Статья принята к публикации 16.01.2024 / The article accepted for publication 16.01.2024.

Информация об авторах:

Михаил Григорьевич Евдокимов¹, главный научный сотрудник лаборатории селекции твердой пшеницы, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Вадим Станиславович Юсов², заведующий лабораторией селекции твердой пшеницы, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Mikhail Grigorievich Evdokimov¹, Chief Researcher, Durum Wheat Breeding Laboratory, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Vadim Stanislavovich Yusov², Head of the Durum Wheat Breeding Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences