

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ
С ЭЛЕМЕНТАМИ ЕЕ СТРУКТУРЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ УРОВНЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ГЕНОТИПОВ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ
В ПРИОБСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ****THE CORRELATIONS OF SPRING DURUM WHEAT YIELD WITH ITS STRUCTURAL COMPONENTS
DEPENDING ON THE GENOTYPE PRODUCTIVITY LEVEL AND WEATHER CONDITIONS
IN OB RIVER FOREST-STEPPE OF THE ALTAI REGION**

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, сорт, продуктивность, урожайность, элемент структуры урожая, засуха, засухоустойчивость, корреляция, масса зерна растения, масса зерна колоса, озерненность, масса 1000 зерен.

В условиях Приобской лесостепи Алтайского края в 2009-2012 гг. изучено 74 сортообразца коллекции твердой пшеницы с целью определения связи урожайности с элементами структуры и установления особенностей реакций высоко- и низкоурожайных генотипов. Условия вегетационного периода были разнообразными: от благоприятных в 2009 г. до раннелетней засухи в 2010 г. и длительной засухи в 2012 г. Снижение урожайности составило 34 и 78% соответственно. Урожайность за 4 года слабо зависела от густоты стояния растений ($r=0,28$) и стеблестоя (0,25), а была максимально обусловлена массой зерна главного колоса (0,68) и растения (0,69). Коэффициент корреляции с озерненностью составил 0,50, с массой 1000 зерен – 0,53, массой растения – 0,64. Отзывчивость образцов определялась разными компенсаторными реакциями, на что указывают минимальные коэффициенты корреляции в самых благоприятных условиях (0,10-0,32). При раннелетней засухе наибольшая связь урожая получена с массой зерна главного колоса (0,54) и растения (0,47), густотой растений, массой растения, озерненностью и массой 1000 зерен (0,36-0,41). При длительной засухе связь урожайности с массой растения, массой зерна главного колоса и растения и массой 1000 зерен описывается максимальными за годы экспериментов коэффициентами (0,73-0,76). Продуктивность дополнительных побегов в засушливых условиях имеет слабый эффект. Высокоурожайные генотипы имели большие абсолютные значения продуктивности колоса и растения, надземной биомассы и при засухе снижали эти признаки меньше, чем низкоурожайные формы. В засушливых условиях отбор урожайных и стабильных стрессоустойчивых генотипов следует проводить по массе растений, массе зерна главного колоса и растения, массе 1000 зерен и озерненности колоса.

Keywords: spring durum wheat, variety, productivity, yield, yield formula component, drought, drought resistance, correlation, grain weight per plant, grain weight per spike, kernel number per plant, thousand-kernel weight.

To determine the correlation of yield and its components and to understand the peculiarities of the responses of high- and low-yielding genotypes, 74 accessions of spring durum wheat collection were studied in the Ob River forest-steppe of the Altai Region. The weather conditions of the growing season varied from favorable in 2009 to early-summer drought in 2010 and drought throughout the growing season in 2012. The yield decrease made 34% and 78%, respectively. The yield for 4 years had a weak correlation with the plant stand density ($r = 0.28$) and spike stand ($r = 0.25$), and was determined mainly by the grain weight of the main spike (0.68) and plant (0.69). The correlation coefficient with kernel number per spike made 0.50, with thousand-kernel weight – 0.53, and with plant weight – 0.64. The response of the accessions was determined by different compensatory responses; that was shown by the minimal correlation coefficients (0.10-0.32) under the most favorable conditions. Under the early-summer drought, the grain weight of the main spike (0.54) and plant (0.47) had the highest correlations with the yield, plant stand density, plant weight, kernel number per spike and thousand-kernel weight (0.36-0.41). Under the drought throughout the growing season, the correlations of the yield with plant weight, spike and plant kernel weight and thousand-kernel weight had the highest values for the years of the trials (0.73-0.76). The productivity of secondary spikes under droughty conditions was of weak effect. High-yielding genotypes had higher absolute values of spike and plant productivity, above-ground biomass, and under the drought they decreased the characters less than low-yielding forms. The selection of high-yielding and stable stress-resistant genotypes should be performed by plant weight, spike and plant grain weight, thousand-kernel weight and kernel number per spike.

Розова Маргарита Анатольевна, к.с.-х.н., доцент, зав. лаб. селекции твердой пшеницы, Алтайский НИИ сельского хозяйства (ФГБНУ Алтайский НИИСХ), г. Барнаул. E-mail: mrosova@yandex.ru.

Зиборов Андрей Иванович, к.с.-х.н., с.н.с., лаб. селекции твердой пшеницы, Алтайский НИИ сельского хозяйства (ФГБНУ Алтайский НИИСХ), г. Барнаул. E-mail: aniizis@ab.ru.

Rozova Margarita Anatolyevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Head, Lab. of Durum Wheat Selective Breeding, Altai Research Institute of Agriculture, Barnaul. E-mail: mrosova@mail.ru.

Ziborov Andrey Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Durum Wheat Selective Breeding, Altai Research Institute of Agriculture, Barnaul. E-mail: aniizis@ab.ru.

Одной из основных причин медленного улучшения твердой пшеницы в засушливых условиях является отсутствие ясного понимания взаимоотношений между элементами урожая и их компенсаторными изменениями при низком и неустойчивом водообеспечении [1]. Получение таких знаний затруднено из-за широкого варьирования времени наступления, длительности и интенсивности воздействия засух [2-4]. В связи с этим подробное изучение отдельно взятых засушливых ситуаций на языке урожайности, ее компонентов, параметров морфологии и физиологии растений в агроценозе позволяет углубить и расширить концепцию засухоустойчивости и, как следствие, иметь надежные критерии для селекции засухоустойчивых сортов.

Целью исследований явилось определение связи урожайности твердой пшеницы в различных погодных условиях с элементами структуры урожая в зависимости от уровня урожайности генотипов. Для достижения этой цели ставились следующие задачи: 1) определить корреляционные связи урожая с отдельными структурными элементами в разных условиях; 2) установить отличия в реакции высоко- и низкоурожайных генотипов на разные типы засухи; 3) определить критерии отбора стабильных и высокоурожайных сортов, обладающих засухоустойчивостью.

Материал, методика

и условия проведения исследований

Исследования выполнены на базе ФГБНУ Алтайского НИИСХ. Материалом послужили 74 сортообразца различного эколого-географического происхождения: Алтай (17), Самара (20), Омск (6), Саратов (5), Оренбург (2), Ростов (2), Белгород (1), Воронеж (1), США (8), Казахстан (6), Украина (2), Канада (2), Турция (1) и Германия (1). Сорта высевали по пару сеялкой ССФК-7 28 апреля в 2009 г., 5 мая – в 2010 г. и 3 мая – в 2011 и 2012 гг. в соответствии с наступлением благоприятных гидротермических условий. Норма высева – 5 млн всх. зерен/га. Площадь делянки – 10 м². Повторность однократная. Стандарт Алтайский янтарь, принятый в государственном испытании Алтайского края на момент проведения экспериментов, располагали каждым 10-м номером.

Полевые опыты закладывали в 2009-2012 гг. на стационаре лаборатории селекции твердой пшеницы. Территориально участок находится в зоне Приобской лесостепи Алтайского края. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднемощный, среднесуглинистый, малогумусный. Погодные условия лет исследований были чрезвычайно разнообразными. Так, 2009 г. характеризуется как максимально благоприятный для ро-

ста и развития растений на всем протяжении вегетационного периода. В 2010 г. наблюдали типичную раннелетнюю засуху средней интенсивности, ускорившую наступление колошения примерно на 7 дней. Условия 2011 г. были относительно благоприятными для твердой пшеницы. В 2012 г. наблюдалась жесткая засуха на протяжении всего вегетационного периода (с кратковременной разрядкой дефицита влаги в конце первой декады июля), сопровождавшаяся высокими среднесуточными температурами, значительно превышавшими среднемноголетние величины, особенно, в первую половину вегетации.

Математическую обработку данных проводили с помощью пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS, версия 2.08 [5], а также программы Excel. Разбивку генотипов на низко- и высокопродуктивные выполнили на основании отбора экстремальных по признаку генотипов селекции России и стран СНГ, которые близки в той или иной степени сибирскому степному экотипу. В группу высокопродуктивных вошли Оазис (Алтайский НИИСХ), Безенчукская золотистая, Безенчукская 210, 688д-7, 505д-54, Памяти Чеховича, Марина, 505д-116, 1ТД-1, 874д-20 (Самарский НИИСХ); низкопродуктивных – Каргала 1514/06, Каргала 1515/06, Каргала 1516 (Актюбинская СХОС, РК), Алтайка (Алтайский НИИСХ), Омская янтарная, Ангел (Сибирский НИИСХ), Лилек (НИИСХ Юго-Востока).

Результаты исследований

Изменение условий вегетации растений твердой пшеницы приводило к изменению урожайности и ее структуры (табл. 1). В целом по генотипам снижение урожайности при раннелетней засухе сопровождалось, в порядке убывания, уменьшением массы зерна дополнительного побега, массы всего растения, массы зерна растения, количества колосьев на 1 м², массы зерна главного колоса и в меньшей степени других элементов. При длительной засухе наблюдалось слабое снижение плотности стеблестоя, а основное стрессовое воздействие шло на массу растения (-61,5%) и элементы продуктивности растения и колоса: масса зерна главного колоса – 49,6%, масса зерна дополнительного побега – 97,5, масса зерна растения – 73,6, озерненность главного колоса – 32,0 и масса 1000 зерен – 27,8%.

Согласно результатам корреляционного анализа урожайность твердой пшеницы слабо зависела от густоты стояния растений и продуктивного стеблестоя. Только в один год из четырех наблюдалась сопряженность средней силы: в 2010 г. – с густотой растений и в 2011 г. – с густотой колосьев. В среднем за

4 года коэффициент корреляции составил 0,25-0,28 (табл. 1). Наиболее высокие и стабильные по годам связи отмечены с массой зерна главного колоса и массой зерна растения, которые в среднем за годы изучения равны 0,68 и 0,69. Сопряженность урожайности с продуктивностью дополнительного побега варьирующая, особенно мала в самый жесткий и самый благоприятный год. Средней силы корреляция отмечена только в относительно благоприятном 2011 г. Элементы продуктивности колоса (озерненность и масса 1000 зерен) имели близкие величины связи с урожайностью (0,50 и 0,53), но возрастали в условиях жесткой засухи (0,63 и 0,74). Связь зерновой продуктивности с массой надземной части растения в три года из четырех характеризовалась средними значениями коэффициентов (0,39-0,73) и только в 2009 г. она была слабой. Нужно отметить, что высокая реализация потенциала урожайности твердой пшеницы в 2009 г. проходила у генотипов за счет различных механизмов, что отразилось в низких коэффициентах корреляции со структурными элементами в этом году (от 0,10 до 0,32). В условиях же засухи корреляционные связи усиливались: при раннелетней засухе наибольшие значения связи с массой зерна главного колоса и растения, примерно равные величины коэффициентов с количеством растений на 1 м², массой растения, озерненностью и массой 1000 зерен. При длительной прогрессивной засухе корреляции имеют максимальные за годы экспериментов значения. При этом на уровне 0,73-0,76 находятся связи урожайности с массой растения, массой зерна главного колоса и растения, массой 1000 зерен. Последнее четко проявилось даже при визуальной оценке материала. Связь с озерненностью колоса

несколько ниже – 0,63, и практически нулевые значения связи с густотой растений и стеблей.

Сравнения близких по экологии генотипов с максимально высокой и низкой урожайностью в условиях опыта показали, что урожайные формы в меньшей степени снижали биомассу и зерновую продуктивность, чем низкоурожайные (табл. 2). Масса растения уменьшалась при ранневесенней засухе у наиболее продуктивных форм на 7,4%, низкоурожайных – на 8,3; при нарастающей засухе – соответственно, на 56,1 и 59,9%. Депрессия урожайности составляла в первом варианте засухи 32,9 и 36,2%, во втором – 68,8 и 79,0%. При этом депрессия массы растений сопровождалась значительно большей депрессией урожайности в обоих вариантах стресса (табл. 2).

Из основных двух составляющих урожайности – густоты стояния растений и их продуктивности большие изменения при наступлении засухи претерпевают элементы продуктивности растений и колосьев. Из данных таблицы 3 следует, что максимальное количество растений на единицу площади было сформировано в самый сухой год, а в самый благоприятный число растений было ниже среднего значения. Связано это с тем, что параметры густоты существенно зависят от условий периода посева и начального роста растений, а также от посевных качеств семян. В ранний период (преимущественно май) еще значима роль весенних запасов влаги. Наступающая засуха может снизить количество растений на единицу площади, но в основном она снижает количество дополнительных побегов, особенно засуха образца 2012 г. (табл. 3, 4).

Таблица 1

Урожайность твердой пшеницы и ее структурные элементы, их изменение при раннелетней и длительной засухе (% к благоприятным условиям 2009 г.) и их коэффициенты корреляции

	Число растений на 1 м ²	Число колосьев на 1 м ²	Масса растения	Озерненность главного колоса	МЗГК	МЗДП	МЗР	Масса 1000 зерен	Урожайность
2009	284	494	4,19	26,8	1,24	0,50	1,74	46,0	5,09
2010	271	434	3,57	26,2	1,13	0,38	1,50	43,1	3,34
2011	309	466	4,11	31,2	1,31	0,44	1,75	41,8	3,67
2012	375	396	1,61	18,2	0,62	0,01	0,63	33,2	1,14
Среднее	310	448	3,37	25,6	1,07	0,33	1,40	41,0	3,31
Раннелетняя	-3,5	-12,0	-14,7	-1,7	-8,2	-25,0	-13,3	-6,2	-34,1
Нарастающая	+34,4	-20,0	-61,5	-32,0	-49,6	-97,5	-73,6	-27,8	-77,7
Коэффициенты корреляции с урожайностью									
2009	0,15	0,10	0,19	0,20	0,32	0,13	0,29	0,29	-
2010	0,41	0,25	0,39	0,37	0,54	0,24	0,47	0,36	-
2011	0,23	0,41	0,60	0,44	0,56	0,44	0,67	0,38	-
2012	0,03	-0,02	0,73	0,63	0,76	0,07	0,75	0,74	-
Среднее	0,28	0,25	0,64	0,50	0,68	0,38	0,69	0,53	-

Примечание. МЗГК – масса зерна главного колоса; МЗДП – масса зерна дополнительного побега; МЗР – масса зерна растения.

Таблица 2

Урожайность и масса растений высоко- и низкоурожайных генотипов при различных условиях

	Урожайность, т/га					Масса растений, г				
	2012	2011	2010	2009	\bar{x}	2012	2011	2010	2009	\bar{x}
Низкоурожайные	0,96	3,41	2,91	4,56	2,96	1,54	4,29	3,53	3,85	3,30
Высокоурожайные	1,76	4,44	3,78	5,63	3,90	1,94	4,56	4,11	4,43	3,76
$H_{cp_{05}}$	0,24	0,52	0,32	0,58		0,46	2,14	0,83	1,57	
+ к низкоурожайным, %	83,3	30,2	29,9	23,5	31,8	26,0	6,3	16,4	15,1	13,9
Депрессия признаков при засухе, %										
Низкоурожайные	-79,0		-36,2			-59,9		-8,3		
Высокоурожайные	-68,8		-32,9			-56,1		-7,4		

Таблица 3

Количество растений и колосьев на 1 м² высоко- и низкоурожайных генотипов при различных условиях

	Количество растений на 1 м ²					Количество колосьев на 1 м ²				
	2012	2011	2010	2009	\bar{x}	2012	2011	2010	2009	\bar{x}
Низкоурожайные	375,7	310,7	253,8	283,3	305,9	406,0	456,8	418,1	502,7	445,9
Высокоурожайные	369,5	311,5	284,0	281,3	311,5	383,5	474,4	436,0	474,4	442,0
+ к низкоурожайным	-1,7	0,3	11,9	-0,7	1,8	-5,5	3,9	4,3	-5,6	-0,9
Депрессия признаков при засухе, %										
Низкоурожайные	+32,6		-10,4			-19,2		-16,8		
Высокоурожайные	+31,4		+1,0			-19,2		-8,1		

Таблица 4

Масса зерна главного колоса, дополнительного побега и растения низко- и высокоурожайных сортов в зависимости от погодных условий, г

	Масса зерна главного колоса, г					Масса зерна дополнительного побега, г					Масса зерна растения, г				
	2012	2011	2010	2009	\bar{x}	2012	2011	2010	2009	\bar{x}	2012	2011	2010	2009	\bar{x}
Низкоурожайные	0,54	1,26	1,07	1,13	1,00	0,02	0,51	0,34	0,41	0,32	0,57	1,77	1,41	1,54	1,32
Высокоурожайные	0,81	1,54	1,32	1,34	1,25	0,02	0,44	0,46	0,50	0,35	0,83	1,98	1,78	1,84	1,61
+ к низкоурожайным, %	50,0	22,2	23,4	18,6	25,0	0,0	-13,7	35,3	22,0	9,4	45,6	11,9	26,2	19,5	22,0
Депрессия признаков при засухе, %															
Низкоурожайные	-52,1		-5,2			-95,2		-16,5			-63,2		-8,2		
Высокоурожайные	-39,6		-1,6			-96,9		-7,3			-54,8		-3,2		

Как в отдельные годы, так и в среднем за 4 года исследований показатели густоты растений и продуктивного стеблестоя в контрастных по продуктивности группах существенно не отличались. В целом корреляционная связь урожайности и густоты стояния растений и колосьев варьировала от -0,02 до 0,41.

В среднем за 4 года масса зерна растения твердой пшеницы составила 1,40 г, из которых 1,07 г приходится на главный побег и 0,33 – на дополнительный (табл. 4). Величина признака существенно изменяется в зависимости как от генотипа, так и погодных условий. При снижении влагообеспечения посевов происходит сброс мощности колосьев и в первую очередь – побегов кущения (табл. 4). При засухе в первую половину вегетации их масса зерна снизилась на 25,0%, а при длительной засухе – на 97,5%. Ущерб главному колосу был несколько меньше – соответственно 8,2 и 49,6%, а в целом растения не добрали по массе зерна 13,3 и 73,6%.

Сравнение показывает, что во всех вариантах погодных условий высокоурожайные сортообразцы имеют большую массу зерна с главного колоса и растения. По дополнительным колосьям ситуация изменчива – в условиях жесткой засухи только отдельные растения обоих контрастных групп имели продуктивные колосья. В благоприятных условиях (2009 и 2011 гг.) высоко- и низкопродуктивные генотипы могут меняться превосхождением по массе зерна дополнительного побега. При раннелетней засухе продуктивные генотипы формировали большую массу зерна вторичных побегов. В целом снижение массы зерна главного колоса при жесткой засухе у низкоурожайных сортообразцов оценивали в 52,1%, урожайных – 39,6, а массы зерна растения – в 63,2 и 54,8% соответственно (табл. 4). При раннелетней засухе эффект значительно меньше: по колосу – 5,2 и 1,6%, растению – 8,2 и 3,2%, т.е. высокоурожайные образцы хорошо переносили отсутствие осадков в этот период.

Таблица 5

Озерненность главного колоса и масса 1000 зерен высоко- и низкоурожайных генотипов при различных условиях

	Озерненность колоса, шт.					Масса 1000 зерен, г				
	2012	2011	2010	2009	\bar{x}	2012	2011	2010	2009	\bar{x}
Низкоурожайные										
Высокоурожайные	17,1	30,7	26,4	24,7	24,7	31,2	41,2	40,9	45,7	39,8
+ к низкоурожайным	20,7	34,4	28,1	27,4	27,6	38,5	44,7	47,3	49,0	44,9
НСР ₀₅	21,2	12,1	6,4	10,9	11,7	23,4	8,5	15,6	7,2	12,8
Депрессия низкоурожайных	-30,8		-6,9			-31,8		-10,7		
Депрессия высокоурожайных	-24,4		2,7			-21,4		-3,5		

Элементы, слагающие продуктивность колоса, озерненность и масса 1000 зерен варьировали в широких пределах. Количество зерен в колосе менялось от 18,2 в 2012 г. до 31,2 в 2011 г., масса 1000 зерен – от 33,2 (2012 г.) до 46,0 (2009 г.) (табл. 1). При раннелетней засухе озерненность колоса страдала незначительно (-1,7%), а крупность зерна снижалась больше – на 6,2%. При нарастании засухи депрессия озерненности достигала величины 32,0%, близкий эффект отмечен и по массе 1000 зерен – 27,8%.

Высокоурожайные образцы стабильно имели хорошо озерненный колос с более крупным зерном (табл. 5). В среднем за годы изучения это преимущество составило 11,7 и 12,8%. Эти генотипы и снижали их в меньшей степени, чем низкопродуктивные, особенно при затяжной засухе. Если у первых спад озерненности составил 39,6%, то у вторых – 52,1%; по крупности зерна эти значения составляют 21,4 и 31,8% (табл. 5). Крупность зерна часто рассматривается в качестве критерия засухоустойчивого сорта [6, 7].

Выводы

1. Урожайность твердой пшеницы положительно связана с массой растения ($r=0,64$), массой зерна главного колоса и массой зерна растения (0,68 и 0,69), озерненностью (0,50) и массой 1000 зерен (0,53), тогда как с густотой стояния растений и колосьев связь существенно слабее (0,28 и 0,25). Вклад массы зерна дополнительного побега в урожайность не постоянен.

2. Засуха накладывает существенные ограничения на потенциальную продуктивность растений. Так, при раннелетней засухе снижение урожайности составило 34%, при длительной – 78%. Урожайность при первом типе засухи коррелировала с массой зерна главного колоса (0,54) и растения (0,47), количеством растений на единицу площади (0,41), а также массой растений, озерненно-

стью и массой 1000 зерен на уровне 0,36-0,39. Длительная засуха не была связана с параметрами густоты посева, а выражена связь с массой зерна главного колоса (0,76) и растения (0,75), массой растений (0,73), крупностью зерновки (0,74) и озерненностью (0,63).

3. Высокоурожайные генотипы имели преимущество перед низкоурожайными по параметрам продуктивности колоса, за исключением массы зерна дополнительного побега и показателей густоты посевов. При этом при наступлении засухи они меньше снижали элементы продуктивности колоса и массу растения.

4. Отбор высокоурожайных и стабильных генотипов с высокой засухоустойчивостью следует проводить по общей биомассе надземной части растений, массе зерна главного колоса, растения, массе 1000 зерен и озерненности колоса.

Библиографический список

1. Simane B., Struik P.C., Nachif M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments // Euphytica. – 1993. – Vol. 71 (3). – P. 211-219.
2. Ceccarelli S. Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments // Euphytica. – 1987. - Vol. 36 (1). – P. 265-273.
3. Ceccarelli S., Acevedo E., Grando S. Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes // Euphytica. – 1991. Vol. 56 (2). – P. 169-185.
4. Пфайфер В., Трейтован Р. Основные проблемы в селекции пшеницы на адаптацию к засушливым условиям окружающей среды: перспективы программы СИММИТ по пшенице // Основные направления диверсификации зернового производства в степных регионах Евразийского континента: сб. докл.

Международ. науч.-практ. конф. – Шортанды, 1999. – С. 148-152.

5. Пакет программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS, версия 2.08. – Тверь, 1999.

6. Ceccarelli S., Grando S. Environment of selection and type of germplasm in barley breeding for low-yielding conditions // *Euphytica*. – 1991. – Vol. 57 (3). – P. 207-219.

7. Hadjichristodoulou A. Stability of performance of cereals in low-rainfall areas as related to adaptive traits. In: *Drought Tolerance in Winter Cereals*, Srivastava J.P., Porceddu E., Acevedo E., Varma S. (eds.), John Wiley & Sons Ltd., New York, 1987. – P. 191-200.

References

1. Simane B., Struik P.C., Nachit M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments // *Euphytica*. – 1993. – Vol. 71 (3). – P. 211-219.

2. Ceccarelli S. Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments // *Euphytica*. – 1987. – Vol. 36 (1). – P. 265-273.

3. Ceccarelli S., Acevedo E., Grando S. Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes // *Euphytica*. – 1991. Vol. 56 (2). – P. 169-185.

4. Pfaifer V., Treitovan R. Osnovnye problemy v seleksii pshenitsy na adaptatsiyu k zasushlivym usloviyam okruzhayushchei sredy: perspektivy programmy SIMMIT po pshenitse // Osnovnye napravleniya diversifikatsii zernovogo proizvodstva v stepnykh regionakh Evraziiskogo kontinenta: Sb. dokl. mezhd. nauch.-prakt. konf. – Shortandy, 1999. – S. 148-152.

5. Пакет программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS, версия 2.08. – Тверь, 1999.

6. Ceccarelli S., Grando S. Environment of selection and type of germplasm in barley breeding for low-yielding conditions // *Euphytica*. – 1991. – Vol. 57 (3). – P. 207-219.

7. Hadjichristodoulou A. Stability of performance of cereals in low-rainfall areas as related to adaptive traits. In: *Drought Tolerance in Winter Cereals*, Srivastava J.P., Porceddu E., Acevedo E., Varma S. (eds.), John Wiley & Sons Ltd., New York, 1987. – P. 191-200.

