

АГРОНОМИЯ

УДК 631.527.5:632.112:633.11 (571.15)

М.А. Розова, А.И. Зиборов, Е.Е. Егиазарян
M.A. Rozova, A.I. Ziborov, Ye.Ye. Yegiazaryan

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ВАРИАЦИИ УРОЖАЙНОСТИ И ЕЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ У СОРТООБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПРИОБСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

ECOLOGIC, GENETIC AND EVOLUTIONARY ASPECTS OF VARIATION OF YIELD AND ITS COMPONENTS IN SPRING DURUM WHEAT GENOTYPES UNDER THE CONDITIONS OF THE ALTAI REGION'S THE OB RIVER FOREST-STEPPE

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, селекция, сорт, селекционная линия, урожайность, элементы структуры урожая, корреляция, критерии отбора.

Основным направлением селекционного улучшения зерновых культур является увеличение продуктивности. В процессе селекции в Алтайском НИИСХ достигнут существенный сдвиг урожайности яровой твердой пшеницы. Задачей исследования было выявить уровень и изменчивость этого параметра у разных по времени создания сортов и установить, какими элементами структуры детерминируется прибавка урожая. В изучении находилось 15 сортобразцов конкурсного сортоиспытания, включающие старые, современные коммерческие сорта и перспективные линии. За годы исследований (2014-2016 гг.) среднесортовая урожайность варьировала от 2,45 до 3,95 т/га. Наибольшее влияние на ее величину оказывали масса зерна колоса и растения (величина фенотипических коэффициентов корреляции 0,85 и 0,86), густота продуктивного стеблестоя к уборке (0,74), надземная масса растения, озерненность колоса (0,70-0,71), масса 1000 зерен, масса зерна дополнительного побега (0,67 и 0,66). Существенные генотип-средовые отношения привели к нестабильности корреляции высокой урожайности с ее отдельными элементами по годам. Наиболее выраженной была связь с массой зерна главного колоса и в два года из трех – дополнительного побега. Озерненность коррелировала с массой зерна главного колоса на уровне 0,40-0,80, масса 1000 зерен – 0,43-0,59. При этом параметры густоты стояния растений и продуктивных стеблей были слабо связаны с урожайностью (от -0,05 до 0,34). Современные сорта превзошли урожайность базового сорта Харьковская 46 на 0,39-0,79 т/га (14-29%) в среднем за 3 года благодаря превышению по массе зерна главного, второстепенных побегов и растения. Доля вклада озерненности и крупности зерна в урожайность зависела от генотипических особенностей сорта. При отборе перспективных геноти-

пов при селекции на продуктивность рекомендуется уделять внимание параметрам колоса: массе зерна, озерненности, крупности зерна, а также надземной массе растения с учетом $K_{\text{хоз}}$.

Keywords: spring durum wheat, plant breeding, variety, breeding line, yield, yield elements, correlation, selection criteria.

The main direction of selective breeding improvement of cereal crops is yield increase. Significant improvement of spring durum wheat yielding capacity has been achieved by the plant breeders of the Altai Research Institute of Agriculture. The research goal was to reveal the level and variation of this character in the varieties different in timing of their development and to find out which elements determine the yield gain. Fifteen spring durum wheat genotypes of competitive yield trail including old, modern commercial and advanced lines were studied. During the years of research (2014-2016), the average yield of the varieties yield varied from 2.45 to 3.95 t ha. The following factors had the greatest effect on the crop yield: grain weight per spike and plant (phenotypic correlation values were 0.85 and 0.86); productive plant stand density at harvesting (0.74); above-ground plant weight; spike grain content (0.70-0.71); thousand-kernel weight; and grain weight of additional spike (0.67-0.66). Significant genotype and environment interactions resulted in unstable genetic correlations of high yield with yield-related elements over years. The correlation with grain weight of main spike having strong correlation with grain weight of plant was most expressed, and in two years from three – with grain weight of additional spike. Spike grain content had correlation with grain weight of the main spike (0.40-0.80); thousand-kernel weight – the correlation of 0.43-0.59. The values of plant stand density and productive spikes had slight effect on yield (from -0.05 till 0.34). As three-year average, the modern varieties exceeded the yield of the standard variety Kharkovskaya 46 by 0.39-0.79 t ha (14-29%) owing to higher grain weight of the main and additional spikes

and plant as a whole. The contribution of spike grain content and thousand-kernel weight to the yield depended on the genotypic features of the variety. The following spike parameters should be considered

when selecting promising genotypes at breeding for higher productivity: grain weight, spike grain content and grain size as well as the above-ground plant weight taking into account the harvest index.

Розова Маргарита Анатольевна, к.с.-х.н., доцент, зав. лаб. селекции твердой пшеницы, Алтайский НИИ сельского хозяйства, г. Барнаул. Тел.: (3852) 49-67-38. E-mail: mrosova@yandex.ru.

Зиборов Андрей Иванович, к.с.-х.н., с.н.с., лаб. селекции твердой пшеницы, Алтайский НИИ сельского хозяйства, г. Барнаул. E-mail: ziborov-andrei@mail.ru.

Егиазарян Егиазар Ервандович, н.с., лаб. селекции твердой пшеницы, Алтайский НИИ сельского хозяйства, 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: ziborov-andrei@mail.ru.

Yegiazaryan Yegiazar Yervandovich, Staff Scientist, Lab. of Durum Wheat Selective Breeding, Altai Research Institute of Agriculture, Barnaul. E-mail: aniizis@ab.ru.

Растение в онтогенезе постоянно находится под воздействием комплекса разнообразных природных и антропогенных факторов, что определяет широкое варьирование выхода хозяйственно полезной его части – зерна. Первоочередной целью каждой селекционной программы является повышение урожайности, что достигается за счет увеличения биомассы, роста эффективности фотосинтеза, благоприятного перераспределения накопленных метаболитов в пользу колоса и зерна, снижения энергетических затрат организма на борьбу с вредоносным влиянием засухи, жары, низких температур и других абиотических стрессоров, а также с фитопатогенами, вредными насекомыми и растениями – конкурентами. Для определения путей совершенствования признака «зерновая продуктивность», детерминации его величины, выявления критериев отбора ценных генотипов исследователи проводят анализ его связи со структурными элементами у сортов разных этапов селекции, современных перспективных линий и источников наивысших достижений в меняющихся условиях среды [1-7].

Селекция яровой твердой пшеницы на Алтае была начата в 1929 г. с образованием Барнаульской опытной станции. Однако на постоянной основе она ведется с 1970 г., когда был организован Алтайский селекционный центр с хорошим оснащением приборами, оборудованием, с широкими возможностями использования сооружений искусственного климата и, соответственно, возможностями ускорения селекционного процесса. За прошедшее время было создано и предложено производству 10 сортов твердой пшеницы, 5 из которых в настоящее время внесены в Реестр селекционных достижений РФ, 3 – в Реестр

Республики Казахстан. Направления дальнейшего селекционного улучшения твердой пшеницы изложено в «Программе работ селекцентра Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства до 2030 г.» [8]. Для реализации поставленных задач нами проведено изучение изменения продуктивности и ее структурных элементов у сортов различного времени создания, а также современных перспективных селекционных линий конкурсного сортоиспытания. **Целью** исследований явилось выявление признаков, в наибольшей степени детерминирующих высокую урожайность, и определение критериев отбора перспективных генотипов.

Материал, методика

и условия проведения исследований

Исследования выполнены в ФГБНУ Алтайский НИИСХ. Материалом послужили 15 сортообразцов яровой твердой пшеницы конкурсного сортоиспытания, включающие старые сорта (Харьковская 46, Алтайка), сорта в недавнем времени снятые с районирования (Алтайская нива, Алтайский янтарь), находящиеся в Реестре и распространенные сорта (Алейская, Салют Алтая, Памяти Янченко, Солнечная 573, Оазис, Омский корунд, Жемчужина Сибири), а также новые селекционные линии (Гордеиформе 677, Гордеиформе 748, Гордеиформе 761 и Гордеиформе 762).

Полевые исследования проведены на стационаре, расположенном в зоне Приобской лесостепи Алтайского края. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднемощный, среднесуглинистый, малогумусный. Погодные условия лет эксперимента были разнообразными (табл. 1). Так, в 2014 г. вследствие прохладной погоды всходы появились на 11-й день и были

ослабленными. Однако благодаря хорошему увлажнению растения раскустились и окрепли, а осадки конца мая и начала июня помогли им перенести засуху в июне (ГТК месяца 0,4). Формирование, налив и созревание зерна проходили в относительно комфортных условиях. Развитие болезней было небольшим за исключением пыльной головни, что спровоцировано размещением инфекционного питомника среди селекционных. Урожайность по опыту составила 3,35 т/га. В 2015 г. гидротермический режим был довольно благоприятным в период кущения, формирования и налива зерна. Это обусловило дифференциацию крупности колоса согласно наследственной детерминации. Однако напряженный водный режим в период трубкования – колошения оказал сдерживающее воздействие на озерненность колоска и колоса. Погодные условия благоприятствовали развитию болезней, начиная с вирусных, переносимых цикадками и блошками, а также мучнистой росы средней и слабой интенсивности, пыльной головни, септориоза, бактериальных болезней. На поздних посевах и сортах отмечали стеблевую ржавчину. Несмотря на высокую изменчивость в ходе вегетации гидротермических показателей, в целом условия роста и развития растений можно охарактеризовать как благоприятные: урожайность по опыту составила 3,95 т/га.

Условия вегетации 2016 г. оказались жесткими для твердой пшеницы. Это привело к снижению урожайности в опыте до 2,45 т/га. Основными детерминантами явились: вред, нанесенный шведской мухой преимущественно главным стеблям, и длительный период отсутствия осадков на фоне повышенных, относительно нормы, температур от появления всходов и до середины колошения. Кроме того, переувлажнение посевов в июле способствовало сильному развитию листостебельных болезней (гельминтоспориоз, септориоз, бурая, стеблевая ржавчина), что отразилось на зерне, крупность и натура которого были существенно ниже, чем в предыдущие годы.

Конкурсное сортоиспытание высевали по пару в ранний срок посева (5-6 мая) при норме высева 5 млн всхожих зерен на 1 га. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7. Повторность 4-кратная, площадь делянки 25 м². Для анализа структуры урожая закладывали 6 учетных площадок, по три в двух несмежных повторениях, в каждом из которых отбирали по 20 растений. Уборку проводили сплошным способом комбайнами Сампо 130 и Зьрн-130. Дисперсионный анализ выполняли по Б.А. Доспехову с помощью компьютерной программы СибНИИСХ, корреляционный анализ – с помощью программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Погодные условия периода вегетации твердой пшеницы, 2014-2016 гг.

Период	Среднесуточная температура, °С				Количество осадков, мм			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	многолетнее	2014 г.	2015 г.	2016 г.	многолетнее
I	13,4	12,4	8,3	10,1	2,8	1,1	14,0	15
II	9,3	15,6	9,9	12,0	9,9	14,1	11,6	13
III	10,3	12,3	16,1	13,9	36,6	36,6	5,7	14
Май	11,0	13,4	11,4	12,1	49,3	51,8	31,3	42
I	10,6	18,8	17,9	15,9	22,3	13,3	0,1	15
II	20,1	19,3	20,2	18,0	0,0	15,7	37,3	13
III	23,4	20,6	20,7	19,2	0,1	0,0	8,6	19
Июнь	18,0	19,6	19,6	17,7	22,4	29,0	46,0	47
I	20,8	18,4	20,4	19,8	29,4	26,8	37,5	15
II	20,9	21,6	21,5	20,3	17,0	0,9	42,6	18
III	18,8	20,7	20,4	19,5	61,2	35,9	36,2	31
Июль	20,1	20,3	20,8	19,9	107,6	63,6	116,3	64
I	18,0	19,2	18,5	18,2	11,2	4,9	18,0	18
II	21,5	17,9	18,2	17,6	4,9	33,3	2,1	16
III	15,4	16,4	15,5	15,2	46,7	12,3	8,1	15
Август	18,2	17,8	17,4	17,0	62,8	50,5	28,2	49
Май – июнь	14,5	16,5	15,5	14,9	71,7	80,8	77,3	89
Июль – август	19,2	19,0	19,1	18,4	170,4	114,1	144,5	113
Май – август	16,8	17,8	17,3	16,7	242,1	194,9	221,8	202

Результаты исследований и обсуждение

Различная обеспеченность растений теплом, влагой и элементами питания, вариации в наличии и интенсивности биотических и абиотических стрессов при посеве и на последующих этапах роста и развития растений привели к значительным отличиям параметров продуктивности посева и растений по годам исследований. Корреляция урожайности генотипов по годам была от 0,09 до 0,49, что говорит о существенных генотип-средовых эффектах.

Из данных таблицы 2 следует, что реализация почвенно-климатического потенциала в два первых года была выше, чем в 2016 г. Самая высокая урожайность получена в 2015 г., хотя количество осадков за вегетацию было минимальным за период, но их распределение и количество довольно полно удовлетворяли потребности пшеницы. В 2016 г. жестко сыграли условия начального роста и развития растений, что привело к сильному снижению густоты продуктивного стеблестоя. Если во время всходов в 2016 г. твердая пшеница была самой густой, то во время уборки густота стеблестоя была в 2 раза и более меньше, чем в другие годы. Согласно имеющимся в лаборатории данным, сохранность растений твердой пшеницы при посеве по пару к уборке составляет в разные годы 80-90%. В 2016 г. – лишь 48% с варьированием по генотипам от 46 до 50%. Основной причи-

ной выпадает растений и колосьев явилось поражение посевов шведской мухой, сопровождавшееся засухой средней интенсивности. Выжившие растения имели в большей части только дополнительные колосья, о чем свидетельствуют низкие значения длины колоса, количества фертильных колосков в колосе, небольшая масса зерна наиболее крупного колоса и всего растения. Масса зерна колоса пострадала как от общего недобора биомассы растений, так и от поражения болезнями.

Повреждение растений твердой пшеницы шведской мухой наблюдается практически ежегодно, однако максимальный эффект оно оказывает, когда страдают главные колосья, как это было в 2016 г. При этом засуха и высокие суточные температуры тормозили компенсаторные реакции растений. По данным Барнаульского энтофитоучастка системы государственного сортоиспытания, расположенного поблизости, твердая пшеница была сильно повреждена (табл. 3), что привело к гибели от 16 до 59% растений. В 2015 г. повреждение растений также было массовым, но основной вред был нанесен дополнительным колосьям, и этот ущерб был компенсирован достаточным кущением при хорошем увлажнении периода всходы – трубкование. В 2014 г. количество поврежденных и погибших растений было существенно ниже.

Таблица 2

Параметры элементов структуры урожая яровой твердой пшеницы в зависимости от условий года

Год	Количество, шт/м ²		Продуктивная кустистость	Масса растения, г	Длина колоса, см	Количество в колосе, шт.		Масса зерна, г			Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га
	взошедших растений	стеблей				колосков	зерен	главного колоса	побега кущения*	растения		
2014	305	493	1,59	3,52	6,4	14,1	26,0	0,99	0,73	1,36	37,7	3,35
2015	385	465	1,32	3,41	6,3	13,1	31,4	1,32	0,73	1,56	42,3	3,95
2016	427	235	1,12	2,28	5,2	11,1	24,4	0,85	0,39	0,89	35,7	2,45
Среднее	372	398	1,34	3,07	6,0	12,8	27,3	1,05	0,62	1,27	38,6	3,25

Примечание. *Средняя масса зерна фактических побегов кущения.

Таблица 3

Повреждение твердой пшеницы шведской мухой, 2016 г. (данные Барнаульского энтофитогоссортоучастка)

Сорт, линия	Повреждено, %		Погибло растений, %
	растений	стеблей	
Памяти Янченко	50	39	16
Оазис	74	63	34
Гордеiforme 677	74	46	29
Гордеiforme 748	100	82	59
Гордеiforme 761	84	54	31
Гордеiforme 762	72	68	44
Среднее	76	59	36

Таблица 4

Коэффициенты корреляции урожайности с элементами структуры твердой пшеницы (КСИ, пар)

Показатель	Количество, шт/м ²		Масса растения, г	Длина колоса, см	Количество колосков колоса, шт.	Количество зерен колоса, шт.	Масса зерна, г			М1000 зерен, г
	растений	стеблей					главного колоса	побега кущения	растения	
2014 г.										
Урожайность	0,26	0,05	0,08	0,19	0,00	0,33	0,26	0,35	0,21	-0,08
МЗ растения	-0,55	-0,42	0,92	0,65	0,48	0,75	0,86	0,78		0,31
МЗГК	-0,36	-0,53	0,71	0,69	0,51	0,79		0,74		0,43
2015 г.										
Урожайность	0,34	0,09	0,11	0,19	0,19	-0,06	0,45	-0,03	0,22	0,50
МЗ растения	0,27	0,10	0,90	0,44	0,43	0,30	0,81	0,18		0,42
МЗГК	0,36	-0,08	0,58	0,60	0,30	0,40		-0,06		0,59
2016 г.										
Урожайность	-0,04	-0,05	0,30	0,37	0,23	0,28	0,50	0,21	0,48	0,50
МЗ растения	-0,44	-0,39	0,87	0,44	0,67	0,81	0,98	0,47		0,42
МЗГК	-0,43	-0,43	0,82	0,42	0,67	0,80		0,36		0,46
2014-2016 гг.										
Урожайность	-0,30	0,74	0,70	0,71	0,61	0,71	0,85	0,66	0,86	0,67
МЗ растения	-0,49	0,73	0,91	0,85	0,72	0,75	0,89	0,81		0,70
МЗГК	-0,17	0,49	0,67	0,67	0,46	0,87		0,58		0,79

Примечание. МЗ – масса зерна; МЗГК – масса зерна главного колоса.

Изучение взаимосвязи урожайности с ее структурными элементами на основании фенотипических коэффициентов корреляции показало, что величина урожая твердой пшеницы тесно связана с массой зерна главного колоса и растения ($r=0,85$ и $0,86$). Далее в порядке убывания следуют густота продуктивного стеблестоя ($0,74$), надземная масса растения, длина колоса, озерненность колоса ($0,70-0,71$), масса 1000 зерен, масса зерна дополнительного побега ($0,67$ и $0,66$), количество фертильных колосков в колосе ($0,61$). Масса зерна растения имеет функциональную связь с массой растения ($0,91$), массой зерна главного колоса ($0,89$) и дополнительного побега ($0,81$). Коэффициентами корреляции величиной $0,75-0,70$ описывается ее связь с озерненностью колоса, количеством продуктивных колосьев на единицу площади (по-видимому, через вклад дополнительных побегов), количеством колосков в колосе и массой 1000 зерен. Масса зерна главного колоса имеет сильную корреляцию с озерненностью ($0,87$) и массой 1000 зерен ($0,79$). В данном опыте число взошедших растений имеет отрицательную связь с урожайностью и параметрами продуктивности растения, что в этом эксперименте

определяется максимальным количеством всходов в малоурожайном 2016 г. Тем не менее можно с уверенностью говорить о слабой связи урожайности с первоначальной густотой твердой пшеницы. В трудах В.А. Кумакова [9] обоснованы оптимальные величины густоты продуктивного стеблестоя ($450-550$ шт/м²) для получения максимального урожая, которым соответствуют рассчитанные значения озерненности колоса и крупности зерна.

Как показывают исследования, корреляционные связи урожайности с элементами ее структуры усиливаются в более жестких условиях и ослабляются в благоприятных [7], что определяется многообразием реакций, определяющих реализацию потенциала продуктивности у изучаемого материала. В условиях стресса, когда компенсация между элементами урожая происходит как результат борьбы за ограниченные ресурсы [1], сохранение продуктивности связано с меньшим количеством элементов, в той или иной степени «уходящих» от стрессового воздействия. В данном эксперименте урожайность в 2014 г. имеет самые низкие генетические коэффициенты корреляции (табл. 4). Среди наиболее выраженных – связь с массой зерна дополни-

тельного побега и озерненностью главного колоса. В 2015 г. наиболее урожайные генотипы демонстрировали относительно высокую продуктивность главного колоса и крупность зерна, в 2016 г. к этим двум показателям прибавляется масса зерна с растения. Связь урожайности с параметрами густоты посева по годам неустойчивая – от положительной до отрицательной, и слабая, статистически не доказанная (табл. 4). При этом наиболее урожайные сорта и линии различаются по плотности стеблестоя. В два года из трех густота имеет отрицательный эффект на массу зерна с растения – чем больше густота, тем меньше влаги, света, элементов питания приходится на одно растение, или один колос. Масса зерна с растения имеет сильную зависимость от надземной биомассы самого растения, что проявлялось во все годы исследований. Коэффициент корреляции равен 0,87–0,92. Основной вклад в массу зерна растения закономерно вносит масса зерна главного колоса (r от 0,81 до 0,98), зерно дополнительных побегов также существенно влияло на признак в 2014 и 2016 гг. Масса 1000 зерен характеризуется неустойчивой положительной связью с продуктивностью растений, тогда как озерненность колоса более стабильна в этом отношении. Масса зерна главного колоса в средней и сильной степени зависит от массы всего растения, длины колоса, количества колосков в колосе. Являясь производной величиной от озерненности и массы 1000 зерен, ее коэффициенты корреляции с первой составляли от 0,40 до 0,80, со второй – от 0,43 до 0,59. В два года из трех масса зерна главного колоса была меньше в более густых посевах. При этом растения с более крупными главными колосьями имели и более крупные дополнительные.

Сравнительное изучение набора сортообразцов разного времени создания показало, что современные сорта имеют существенное преимущество перед старыми по зерновой продуктивности (табл. 5). В среднем за три года относительно сорта Харьковская 46 изучаемые образцы показали прибавку от 0,16 до 0,79 т/га. Самую высокую урожайность имели среднепоздние генотипы Гордеиформе 748 (3,53 т/га), Оазис (3,46 т/га); среднеспелые Гордеиформе 762 (3,44 т/га), Гордеиформе 761 (3,43 т/га) и Жемчужина Сибири (3,41 т/га).

Изучение параметров продуктивности посевов и растений твердой пшеницы относительно сорта Харьковская 46 – основного

на период создания Алтайского селекцентра, показало, что совершенствование современных сортов идет по пути повышения элементов продуктивности растения и главного колоса (табл. 5). Если на первых этапах, особенно при создании сорта Алтайская нива, а также Салюта Алтая, Алейской, повышение урожайности шло через показатели густоты стояния растений и стеблей и прирост массы дополнительного побега, то на современном этапе оно достигается через прирост массы зерна, прежде всего, главного колоса, растения, дополнительных побегов. В рост продуктивности колоса вклад вносят как озерненность, так и масса 1000 зерен, соотношение величин вклада этих признаков меняется в зависимости от генотипа. Коэффициент хозяйственного использования ($K_{хоз}$) у традиционных высокорослых форм изменился слабо, за исключением двух новых среднерослых линий Гордеиформе 761 и Гордеиформе 762, полученных на базе самарского материала, представляющего интерес при селекции на повышение доли хозяйственно полезной части растения.

Современные сорта твердой пшеницы Сибирского НИИСХ также характеризуются приростом урожайности за счет массы зерна главного колоса, а у Омского корунда – и дополнительного побега.

Таким образом, комплексный признак – урожайность находится под воздействием многих переменных, величина эффекта которых определяется условиями произрастания и генотипом растений. Параметры густоты продуктивного стеблестоя имеют неустойчивую связь с урожайностью твердой пшеницы и, как правило, подвергаются селекционному улучшению на первых этапах селекционного процесса [9, 10]. По мнению П.Н. Мальчикова [6], варьирование ценотических признаков практически не связано с варьированием урожайности. При этом нужно учитывать, что фенотипические коэффициенты корреляции между признаками высоки, и для отбора ценных генотипов необходимо придерживаться оптимальных, не максимальных, величин продуктивного стеблестоя. Основное внимание при отборе продуктивных растений следует уделить надземной массе растений, на что указывают многие исследования [4, 11, 12], и параметрам колоса – массе зерна с колоса, озерненности, массе 1000 зерен. Необходимым условием роста продуктивности растения и посева является высокий выход зерна из общей биомассы – $K_{хоз}$ [6, 9, 13–15].

Урожайность (т/га) и сдвиг элементов продуктивности образцов конкурсного сортоиспытания яровой твердой пшеницы относительно сорта Харьковская 46, % (2014-2016 гг.)

Сорт, линия*	Группа спелости**	Растений/м ² , шт.	Стеб-лей/м ² , шт.	Масса растения, г	Зерен в колосе, шт.	Масса зерна, г			K _{хозг} %	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га			
						главного колоса	побега кущения	растения			2014 г.	2015 г.	2016 г.	средняя
Харьковская 46	Сс	363	406	3,09	26,1	0,96	0,55	1,24	40,0	35,8	3,24	2,96	2,03	2,74
Алтайка	Сс	101	94	103	107	109	121	104	101	107	3,04	3,53	2,13	2,90
Алтайская нива	Ср	119	112	88	89	96	128	93	106	109	3,41	3,65	2,20	3,09
Алтайский январь	Сс	101	96	79	100	97	98	86	109	100	3,39	4,06	2,45	3,30
Алейская	Сп	103	106	98	103	107	121	99	101	105	3,17	4,27	1,96	3,13
Салют Алтая	Ср	102	109	91	96	101	94	96	105	108	3,53	3,82	2,04	3,13
Памяти Янченко	Ср	104	103	104	101	116	116	108	104	117	3,43	4,14	2,41	3,33
Солнечная 573	Сс	110	104	97	104	104	131	100	103	104	3,38	3,64	2,61	3,21
Оазис	Сп	96	93	114	99	120	137	116	101	126	3,15	4,34	2,90	3,46
Гордеiforme 677	Сп	90	87	114	106	117	125	110	96	114	3,34	4,24	2,48	3,35
Гордеiforme 761	Сс	109	90	98	118	120	103	112	115	107	3,26	4,06	2,97	3,43
Гордеiforme 762	Сс	102	97	95	108	115	102	107	112	109	3,61	4,06	2,64	3,44
Гордеiforme 748	Сп	107	98	100	111	110	101	102	102	103	3,35	4,59	2,64	3,53
Омский корунд	Сс	90	83	105	109	115	118	110	105	109	3,52	3,84	2,49	3,28
Жемчужина Сибири	Сс	103	97	101	117	113	101	105	104	101	3,45	4,01	2,77	3,41
НСР _{0,05}											0,20	0,31	0,18	

Примечание. *Сорта АНИИСХ расположены по времени их внесения в реестр: Алтайка – 1980, Алтайская нива – 1991, Алтайский январь – 2000, Алейская – 2005, Салют Алтая – 2007, Памяти Янченко – 2012, Солнечная 573 – 2016, Оазис – 2017 г. **Группы спелости: Ср – среднеранняя, Сс – среднеспелая; Сп – среднепоздняя.

Выводы

1. Урожайность яровой твердой пшеницы варьировала в широких пределах. На уровень и изменчивость признака влияние оказывали условия года, генотип и генотип-средовое взаимодействие.

2. Современные сорта превосходили урожайность старого сорта Харьковская 46 как в благоприятных, так и стрессовых условиях, что связано с повышенной массой главного, второстепенных побегов и растения.

3. Зерновая продуктивность твердой пшеницы определяется на фенотипическом уровне массой зерна главного колоса и растения ($r=0,85$ и $0,86$), густотой продуктивного стеблестоя ($0,74$), озерненностью колоса, надземной массой растения ($0,70-0,71$), массой 1000 зерен и массой зерна дополнительного побега ($0,67$ и $0,66$).

4. Высокая урожайность на генотипическом уровне имеет максимальные коэффициенты корреляции с массой зерна главного и дополнительного побега и слабо зависит от густоты продуктивного стеблестоя. Масса зерна главного колоса коррелирует

с озерненностью на уровне $0,40-0,80$, с массой 1000 зерен $0,43-0,59$.

Библиографический список

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. Dogan, R. The correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of durum wheat (*Triticum turgidum* var. *Durum* L.) in West Anatolia conditions // *Pak. J. Bot.* – 2009. – Vol. 41 (3). – P. 1081-1089.
3. Munir, M., Chowdhry, M.A., Malik, T.A. Correlation studies among yield and its components in bread wheat under drought conditions // *Intern. J. Agric. & Biology*. – 2007. – Vol. 9 (2). – P. 287-290.
4. Hannachi, A., Fellahi Z.El A., Bouzerzour, H., Boutekrabi A. Correlation, path analysis and stepwise regression in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under rainfed conditions // *J. of Agriculture and Sustainability*. – 2013. – Vol. 3 (2). – P. 122-131.

5. Khan, A.A., Alam, M.A., Alam, M.K., Alam, M.J., Sarker, Z.I. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *Durum*) // Bangladesh J. Agr. Res. – 2013. – Vol. 38 (3). – P. 515-521.

6. Мальчиков П.И., Мясникова М.Г. Относительное развитие признаков продуктивности твердой пшеницы в процессе селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 4/2. – С. 987-997.

7. Розова М.А., Зиборов А.И. Корреляционные связи урожайности яровой твердой пшеницы с элементами ее структуры в зависимости от уровня продуктивности генотипов и погодных условий в Приобской лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского ГАУ. – 2016. – № 2. – С. 44-49.

8. Коробейников Н.И., Шукис Е.Р., Розова М.А., Борадулина В.А., Мусалитин Г.М., Гуркова Е.В., Кострова Л.И. Программа работ селекцентра Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства до 2030 г. / под общ. ред. Н.И. Коробейникова. – Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ; Сибирское региональное отделение, 2011. – 90 с.

9. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.

10. Pfeiffer W.H., Sayre K.D., Reynolds M.P., Payne T.S. (2001) Increasing Yield Potential and Yield Stability in Durum Wheat. In: Bedo Z., Lang L. (eds) Wheat in a Global Environment. Developments in Plant Breeding, vol 9. Springer, Dordrecht.

11. Евдокимов М.Г. Селекция яровой твердой пшеницы в Сибирском Прииртышье: монография. – Омск, 2006. – 219 с.

12. Вьюшков, А.А. Селекция яровой пшеницы в Среднем Поволжье. – Самара, 2004. – 224 с.

13. Вьюшков А.А., Шевченко С.Н. Биоклиматический потенциал культуры яровой пшеницы и его реализация в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Спец. выпуск: «Развитие научного наследия академика Николая Максимовича Тулайкова» (к 105-летию Самарского НИИСХ им. Н.М. Тулайкова). – 2008. – С. 63-69.

14. Коваль С.Ф., Коваль В.С., Чернаков В.М., Цильке Р.А., Богданова Е.Д. Что такое модель сорта: монография. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 280 с.

15. Голик О.В., Голик В.С., Гайдош И.В. Использование физиологических признаков для оценки исходного материала яровой

твердой пшеницы в селекции на продуктивность // Селекция і насінництво. – 2008. – Вип. 95. – С. 132-142.

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. Dogan, R. The correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of durum wheat (*Triticum turgidum* var. *Durum* L.) in West Anatolia conditions // Pak. J. Bot. – 2009. – Vol. 41 (3). – P. 1081-1089.

3. Munir, M., Chowdhry, M.A., Malik, T.A. Correlation studies among yield and its components in bread wheat under drought conditions // Intern. J. Agric. & Biology. – 2007. – Vol. 9 (2). – P. 287-290.

4. Hannachi, A., Fellahi Z.El A., Bouzerzour, H., Boutekrabt A. Correlation, path analysis and stepwise regression in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under rainfed conditions // J. of Agriculture and Sustainability. – 2013. – Vol. 3 (2). – P. 122-131.

5. Khan, A.A., Alam, M.A., Alam, M.K., Alam, M.J., Sarker, Z.I. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *Durum*) // Bangladesh J. Agr. Res. – 2013. – Vol. 38 (3). – P. 515-521.

6. Malchikov P.I., Myasnikova M.G. Otnositelnoe razvitie priznakov produktivnosti tverdoy pshenitsy v protsesse selektsii // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2012. – Т. 16. – № 4/2. – С. 987-997.

7. Rozova M.A., Ziborov A.I. Korrelyatsionnye svyazi urozhaynosti yarovoy tverdoy pshenitsy s elementami ee struktury v zavisimosti ot urovnya produktivnosti genotipov i pogodnykh usloviy v Priobskoy lesostepi Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 2. – С. 44-49.

8. Korobeynikov N.I., Shukis E.R., Rozova M.A., Boradulina V.A., Musalitin G.M., Gurkova E.V., Kostrova L.I. Programma rabot selektsentra Altayskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta selskogo khozyaystva do 2030 g. / pod obshch. red. N.I. Korobeynikova. – Barnaul: GNU Altayskiy NIISKh, Sibirskoe regionalnoe otdelenie, 2011. – 90 s.

9. Kumakov, V.A. Fiziologicheskoe obosnovanie modeley sortov pshenitsy. – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.

10. Pfeiffer W.H., Sayre K.D., Reynolds M.P., Payne T.S. (2001) Increasing Yield Potential and Yield Stability in Durum

Wheat. In: Bedo Z., Lang L. (eds) Wheat in a Global Environment. Developments in Plant Breeding, vol 9. Springer, Dordrecht.

11. Evdokimov M.G. Seleksiya yarovoy tverdoy pshenitsy v Sibirskom Priirtyshe: monografiya. – Omsk, 2006. – 219 s.

12. Vyushkov A.A. Seleksiya yarovoy pshenitsy v Srednem Povolzhe. – Samara, 2004. – 224 s.

13. Vyushkov A.A., Shevchenko S.N. Bioklimaticheskiy potentsial kultury yarovoy pshenitsy i ego realizatsiya v usloviyakh Srednego Povolzhya // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk.

Spets. Vypusk: «Razvitie nauchnogo naslediya akademika Nikolaya Maksimovicha Tulaykova (k 105-letiyu Samarskogo NIISKh im. N.M. Tulaykova)». – 2008. – S.63-69.

14. Koval S.F., Koval V.S., Chernakov V.M., Tsilke R.A., Bogdanova E.D. Chto takoe model sorta: monografiya. – Omsk: Izd-vo FGOU VPO OmGAU, 2005. – 280 s.

15. Golik O.V., Gaydosh I.V. Ispolzovanie fiziologicheskikh priznakov dlya otsenki iskhodnogo materiala yarovoy tverdoy pshe-nitsy v seleksii na produktivnost // Seleksiya i nasinnystvo. – 2008. – Vypusk 95. – S. 132-142.



УДК 632.4:633.13:631.524.85

Л.В. Мешкова, О.В. Пяткова
L.V. Meshkova, O.V. Pyatkova

МОНИТОРИНГ ПОПУЛЯЦИЙ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ГОЛОВНЁВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОВСА В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

MONITORING OF PATHOGEN POPULATIONS OF SMUTS OF OATS IN THE OMSK REGION

Ключевые слова: *Avena sativa*, головневые болезни, устойчивость, *Ustilago avenae*, *U. kollerii*, популяция, Омская область.

Представлены результаты изучения популяций возбудителей *Ustilago avenae* и *U. kollerii* пыльной и покрытой головни овса различных агроклиматических зон Омской области за 1999–2015 гг. Исследования проводили на стандартном наборе сортов – дифференциаторов, дополненном ранее устойчивым сортом Орион. Показано влияние генотипа растения – хозяина на изменение вирулентности заболеваний. Не установлено влияние агроклиматических условий в зонах степи и лесостепи области на структуру популяций патогенов, но отмечено отличие от состава популяции Кемеровской области, что позволит своевременно с использованием выделенных вирулентных спор образцов выявлять устойчивые генотипы растения – хозяина для предложения практической селекции при создании сортов, адаптированных к местным условиям.

Keywords: *Avena sativa*, smuts, resistance, *Ustilago avenae*, *U. kollerii*, *Ustilago*, population, Omsk Region.

The research findings of the virulence in pathogen populations of loose smut (*Ustilago avenae*) and covered smut (*U. kollerii*) of oats in the 1999–2015 timeframe from different agro-climatic zones of the Omsk Region are discussed. Smut pathogen race identification was carried out with a standard set of

test-varieties proposed by the VIR (Vavilov Institute of Plant Industry) staff under the guidance of V.I. Krivchenko for our country, and with a set of differential varieties proposed by Holton and Rodenheiser. We supplemented this set by Orion variety, previously immune to the local population. The differentiation of pathogens revealed the presence of loose smut race X10 and covered smut race Y3 in spore samples collected from 1999 till 2010, and first recorded in the region in the 1980s by A.I. Shirokov and his coworkers. The following three standard test-varieties showed stable resistance to smut populations: Victory (Ua24, Ua25, Uk24, Uk25), Fulghum (Ua5, Ua6), and Black Mestag (Ua4, Ua14, Ua15). Beginning from 2011, a change in the racial composition of pathogen populations *U. avenae* and *U. kollerii* on a standard set of test-varieties was recorded. This was confirmed by increased resistance of the standard variety Lgovskiy 1026 and the affection of the variety Orion. The change in the pathogen virulence was probably due to varietal renovation of the late 1980s and the varieties' genetic homogeneity in terms of resistance. The comparison of loose smut virulence in the agro-climatic zones of the Region revealed their strong similarity due to the absence of zonal confinement of the varieties and similar origin of their resistance. The variation of race composition of the Omsk Region's pathogen population from that of the Kemerovo Region has been found; this will enable by using the identified virulent spore samples to timely identify resistant host-plant genotypes for practical selective breeding when developing varieties adapted to local conditions.