

© Н.А. БОМЕ¹, Е.И. РИПБЕРГЕР², Д. ТРАУТЦ³

^{1,2}Тюменский государственный университет

³Университет прикладных наук (г. Оснабрюк, Германия)
bomena@mail.ru, lena-umka@yandex.ru, d.trautz@hs-osnabrueck.de

УДК 633.11:574.24

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ КОЛОСА
ГИБРИДНЫХ ФОРМ *Triticum aestivum* L. КАК СПОСОБ АДАПТАЦИИ
В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**VARIABILITY OF CHARACTERISTICS OF PRODUCTIVITY
OF THE SPIKE OF THE HYBRID FORMS '*Triticum aestivum* L.'
AS THE WAY OF ADAPTATION IN VARIOUS ECOLOGICAL
AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS**

В течение двух лет (2013-2014) изучено влияние экологических факторов на формирование основных признаков продуктивности колоса гибридных форм (F_4 ; F_5) мягкой яровой пшеницы в трех географических пунктах: Россия (Тюменская область) и Германия (земля Баден-Вюртемберг и земля Нижняя Саксония). Пункты исследований значительно различались по почвенно-климатическим условиям и географическому расположению. Показано, что лучшие гибридные формы по биологической урожайности превосходили стандартные сорта в Тюменской области на 62,2%, Баден-Вюртемберге — на 44,1%, в Нижней Саксонии преимущества не выявлены. Реакция гибридов на резко различающиеся условия окружающей среды по признакам количества и массы зерен в колосе была неоднозначна. Установлено, что у гибридных форм по признаку количества зерен в колосе преобладала средняя степень изменчивости ($CV=11-25\%$), по признаку массы зерна в колосе сильная ($CV>25\%$). Выделены гибридные комбинации с минимальным и максимальным размахом варьирования изучаемых признаков. С помощью трехфакторного дисперсионного анализа установлена доля основных факторов в фенотипической изменчивости двух количественных признаков колоса. По признаку количества зерен в колосе выделены гибридные комбинации, характеризовавшиеся экологической пластичностью и стабильностью в различных почвенно-климатических условиях России (Западная Сибирь) и Германии.

Within two years of research (2013-2014), the impact of ecological factors on the formation of the main characteristics of the productivity of the spike of hybrid (F_4 ; F_5) forms of soft spring wheat was studied in the three geographical spots: in Russia (Tyumen region) and Germany (Baden-Württemberg and Lower Saxony). The spots considerably differ in their soil climatic conditions and geographical position. It is shown that the best hybrid forms surpassed standard grades in terms of biological productivity by 62,2% in the Tyumen region and by 44,1% in Baden-Württemberg, whereas no advantages were revealed in Lower Saxony. The reaction of the hybrids to sharply differing environmental conditions according to the quantity and mass of grains per

spike was ambiguous. It is established that the hybrid forms had an average degree of variability according to the amount of grains per spike ($CV=11-25\%$) and a strong degree of variability according to the mass of grain per spike ($CV>25\%$). Hybrid combinations with the minimum and maximum scope of variation of the studied signs are observed. By means of the three-factorial dispersive analysis the share of the major factors in the phenotypic variability of the two quantitative signs of the spike is established. On the basis of the amount of grains per spike, the hybrid combinations characterized by ecological plasticity and stability in various soil climatic conditions of Russia (Western Siberia) and Germany are pointed out.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. *Triticum aestivum* L., Тюменская область, земля Баден-Вюртемберг, земля Нижняя Саксония, количество зерен в колосе, масса зерна в колосе, экологические факторы.

KEY WORDS. *Triticum aestivum* L., Tyumen region, Germany, the state of Baden-Württemberg, the state of Lower Saxony, grains per spike, grain mass per spike, ecological factors.

Варьирование популяционных и индивидуальных признаков растений под действием экологических факторов принято считать фенотипической адаптацией, определяющейся нормой реакции организма. Норма реакции в свою очередь рассматривается как наследственно обусловленная амплитуда возможных изменений при реализации генотипа в различных условиях окружающей среды, определяющаяся размахом варьирования признака [1-4], при этом вследствие полигенной основы количественных признаков даже незначительные изменения в среде могут привести к существенным отличиям в их проявлении [5].

Цель настоящего исследования — изучение экологической изменчивости гибридных форм (F_4 ; F_5) мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по признакам продуктивности колоса в различных эколого-географических условиях.

Материалы и методы. Объектами исследования были гибриды четвертого (F_4) и пятого (F_5) поколений яровой пшеницы: ♀Сага х ♂Скэнт 1, ♀Сага х ♂Лютесценс 70, ♀Hybrid х ♂Лютесценс 70 и ♀Сага х ♂Скэнт 3, полученные в 2009 г. от скрещивания по неполной диаллельной схеме пяти сортов из мировой коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова [6-7]. Предварительная оценка и отбор форм по селекционно-ценным признакам выполнены в 2010-2012 гг. на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета.

Экологическое испытание лучших гибридных форм проводилось в 2013-2014 гг. в рамках международного проекта «Устойчивое землепользование и стратегии адаптации к изменению климата для сельскохозяйственной зоны юга Западной Сибири (SASCHA)».

Полевые опыты были поставлены в трех географических пунктах: Россия, Тюменская область, Нижнетавдинский район, биостанция «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета ($57^{\circ}20'56.36''\text{C}$, $66^{\circ}03'23.87''\text{B}$); Германия, земля Баден-Вюртемберг, г. Швебиш-Гмюнд, экспериментальный участок Вальдорфской школы ($48^{\circ}47'16.94''\text{C}$, $9^{\circ}49'20.89''\text{B}$); Германия, земля Нижняя Саксония, г. Оснабрюк, опытная станция Института прикладных наук «Waldhof» ($52^{\circ}19'21.74''\text{C}$, $8^{\circ}2'21.96''\text{B}$). В качестве стандартов использовались сорта яровой пшеницы, рекомендованные для выращивания в каждой эколого-географической зоне: Россия, Тюменская область: Новосибирская 15, Иргина; Германия, Баден-Вюртемберг: Aschby, Scirocco; Германия, Нижняя Саксония: Eminent, Granus.

Условия вегетационного периода 2013 г. на территории биостанции «Озеро Кучак» характеризовались как влажные (ГТК=1,51), основная часть атмосферных осадков приходилась на май (140,9% к норме) и июль (142,4%). Вегетационный период 2014 г. по влагообеспеченности был засушливым (ГТК=0,75), недостаток влаги отмечен в июне (46,4% к норме), августе (63,0%). Среднесуточная температура воздуха в июле 2014 г. была значительно ниже среднеемноголетнего значения (на 4,1°C).

Наибольшее количество осадков в период активного роста растений пшеницы выпало в 2013 г. на участке Вальдорфской школы — 235,5 мм, превышения отмечены в апреле (114,4% к норме), мае (179,7%), июле (187,6%) и августе (185,6%). Среднесуточная температура воздуха в июле 2013 г. была выше среднеемноголетнего значения на 4,0°C.

В течение всего вегетационного периода 2013 г. на опытном участке «Waldhof» отмечался недостаток осадков, составивших по отношению к норме: в апреле — 47,9%, мае — 94,3%, июне — 68,1%, июле — 19,5% и августе — 94,9%. Также наблюдались пониженные среднесуточные температуры воздуха в апреле (1,2°C), мае (1,9°C) и июне (0,8°C). Период от посева до фазы выхода растений пшеницы в трубку в 2014 г. характеризовался благоприятным сочетанием в апреле и мае температуры воздуха (на 2,3-5,6°C выше нормы) осадков (112,5-167,7% к норме).

Статистическую обработку данных выполняли с использованием табличного процессора Microsoft Excel. Модификационную изменчивость признаков характеризовали по коэффициенту вариации (CV, %). Построение диаграмм размаха и трехфакторный дисперсионный анализ проводили с использованием программного обеспечения STATISTICA 6.0 (StatSoft) [8]. Параметры экологической пластичности и стабильности гибридных форм по признаку количества зерен в колосе рассчитывали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell [9].

Результаты и их обсуждение. Урожайность яровой пшеницы является результатом сложного взаимодействия генотипа с условиями среды [10-13]. Рост, развитие и формирование репродуктивных органов, а в дальнейшем зерновок пшеницы происходит в неконтролируемых условиях внешней среды, в связи с чем об адаптивных способностях культуры можно судить по урожайности и элементам его структуры [14-17].

По нашим данным, в среднем за два года (2013-2014) исследования биологическая урожайность гибридных форм значительно изменялась по географическим пунктам: на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» от 288,0 (♀Сага х ♂Скэнт 1) до 448,0 г/м² (♀Сага х ♂Скэнт 3), экспериментальном участке Вальдорфской школы от 293,6 (♀Сага х ♂Лютесценс 70) до 544,1 г/м² (♀Сага х ♂Скэнт 3), экспериментальном участке «Waldhof» от 612,5 (♀Сага х ♂Скэнт 3) до 817,6 г/м² (♀Сага х ♂Лютесценс 70). По зерновой продуктивности выявлена гибридная комбинация ♀Сага х ♂Скэнт 3, превысившая лучшие стандартные сорта в Тюменской области на 62,2%, в Баден-Вюртемберге — на 44,1%. В Нижней Саксонии по урожайности гибриды уступали стандартному сорту Granus.

Начало закладки колоса и его репродуктивных частей по Ф.М. Куперман [18] происходит на III этапе органогенеза (у растений яровой пшеницы фенологическая фаза — появление третьего листа). Формирование крупного колоса

с большим количеством колосков зависит от влажности почвы и температурного режима в этот период [14].

Для получения подробной информации об изменчивости признаков, определяющих продуктивность растений яровой пшеницы в различных эколого-географических условиях, мы использовали диаграммы размаха Дж. Тьюки — «ящики с усами» [8].

Анализ данных по количеству зерен в колосе пшеницы показал, что в среднем за годы исследований (2013-2014) максимальное проявление признака на фенотипическом уровне зарегистрировано у гибридов на экспериментальном участке Вальдорфской школы — 37,5 шт., степень изменчивости признака средняя ($CV=17,59\%$). Количество зерен в колосе на биостанции «Озеро Кучак» составило 27,6 шт. ($CV=24,90\%$), опытной станции «Waldhof» — 32,0 шт. ($CV=22,36\%$). Гибридная комбинация ♀Сага х ♂Скэнт 1 характеризовалась относительной стабильностью по данному признаку во всех пунктах исследования (31,3-34,1 шт.) (рис. 1).

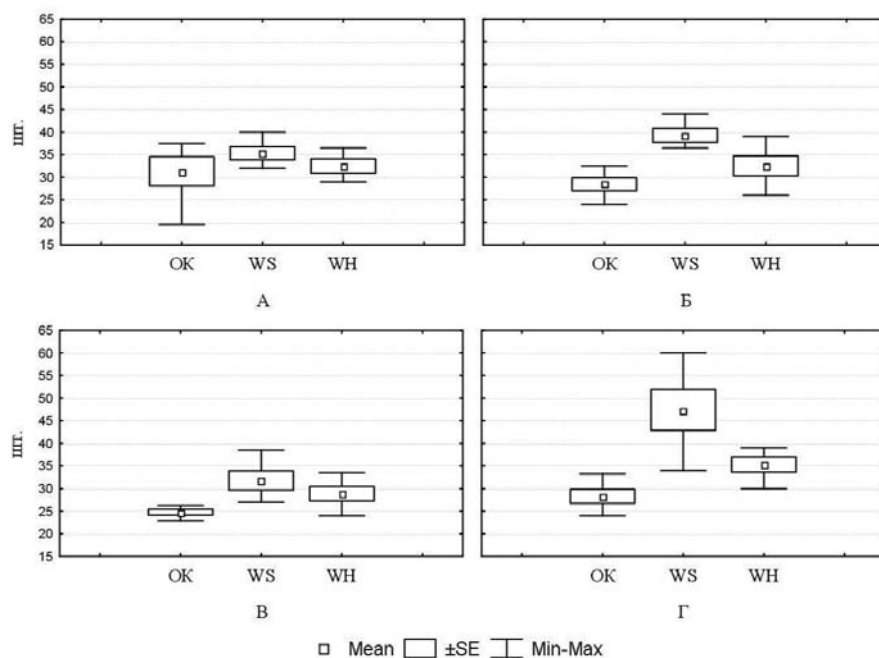


Рис. 1. Изменчивость признака количества зерен в колосе гибридных форм (F_4 ; F_3) мягкой яровой пшеницы в трех эколого-географических пунктах исследования, 2013-2014 гг.

Примечание: ОК — биостанция «Озеро Кучак»; WS — экспериментальный участок Вальдорфской школы; WH — опытная станция «Waldhof»; А — ♀Сага х ♂Скэнт 1; Б — ♀Сага х ♂Лютеценс 70; В — ♀Hybrid х ♂Лютеценс 70; Г — ♀Сага х ♂Скэнт 3; Mean — средняя арифметическая; $\pm SE$ — стандартная ошибка; Min-Max — минимальное и максимальное значение признака

Для формирования массы зерна в колосе более благоприятными были почвенно-климатические условия в Германии: 1,62 г — Вальдорфская школа и 1,34 г — опытная станция «Waldhof», степень изменчивости признака высокая

(CV=28,54 и 28,87% соответственно). В условиях Западной Сибири продуктивность колоса снижалась на 0,73 г (CV=31,73%). Стабильное выражение признака зарегистрировано в двух пунктах Германии у гибридной комбинации ♀Hybrid x ♂Лютесценс 70 (1,29 г) (рис. 2).

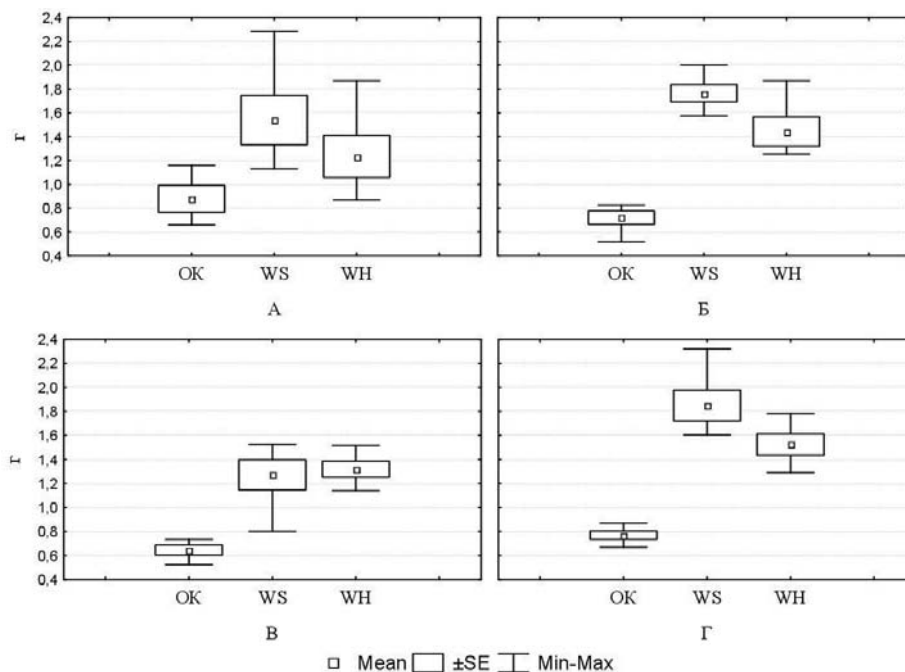


Рис. 2. Изменчивость признака массы зерна в колосе гибридных форм (F_4 ; F_5) мягкой яровой пшеницы в трех эколого-географических пунктах исследования, 2013-2014 гг.

Примечание: обозначения аналогичны рис.1.

Норма реакции на различающиеся условия среды по признакам количества и массы зерна в колосе гибридных форм яровой пшеницы была неодинакова. Наибольший размах варьирования по признаку количества зерен в колосе был отмечен у гибридной комбинации ♀Сага x ♂Скэнт 3 на экспериментальном участке Вальдорфской школы (29 шт.). Гибрид ♀Сага x ♂Скэнт 1 по сравнению с другими гибридами имел широкий размах варьирования по массе зерна в колосе в пунктах Германии (1,22 г); по количеству зерен (18 шт.) и их массе (0,57) — на биостанции «Озеро Кучак». Минимальная амплитуда изменчивости признаков отмечена у гибридной комбинации ♀Hybrid x ♂Лютесценс 70 на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» (количество зерен в колосе — 22 шт.; масса — 0,14 г) (рис. 1, 2). Различия в размахе варьирования признаков связаны с генотипическими особенностями гибридов, их адаптивными свойствами и разнообразием экологических факторов.

Трехфакторный дисперсионный анализ показал, что влияние экологических факторов (пункт), генотипических различий (генотип), условий вегетации (год), а также взаимодействий «генотип x год», «пункт x год», «генотип x пункт» на варьирование признаков продуктивности колоса достоверно. Зависимость изменчивости этих признаков от взаимодействия трех факторов «генотип x пункт x год» статистически не доказана (табл. 1).

Таблица 1

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа признаков продуктивности колоса

Источник варьирования	Кол-во зерен			Масса зерна		
	df	mS	Fфакт.	df	mS	Fфакт.
Фактор А (генотип)	3	363,9	7,47***	3	0,5	3,75**
Фактор В (пункт)	2	1062,7	21,82***	2	7,8	57,54***
Фактор С (год)	1	2080,0	42,71***	1	3,0	22,67***
Взаимодействие А х В	6	112,7	2,31*	6	0,2	1,54
Взаимодействие А х С	3	293,5	6,03***	3	0,4	3,25*
Взаимодействие В х С	2	1442,2	29,62***	2	0,2	7,03***
Взаимодействие А х В х С	6	87,3	1,79	6	0,1	0,94
Случайный фактор	96	48,7	-	96	0,1	-

Примечание: *df* — степень свободы; *mS* — средний квадрат; *Fфакт.* — фактическое значение критерия Фишера; *варианса достоверна при*: * — $P > 0,05$, ** — $P > 0,01$; *** — $P > 0,001$.

Значительная доля изменчивости количества зерен в колосе определялась действием случайного фактора — 31,30%, массы зерна — экологических факторов пунктов исследований — 40,56%. Доля фактора «пункт» в общем фенотипическом варьировании признака количества зерен в колосе (14,23%) была значительно ниже, чем признак массы зерна. Существенный вклад в варьирование озерненности колоса вносил фактор «год» (13,93%), а также его взаимодействие с фактором «пункт» (19,31%). Отмечено влияние условий года (7,99%) на выраженность признака массы зерна в колосе. Доля генотипических различий в изменчивости количества зерен (7,31%) была выше, чем их массы (3,97%). Сила одновременного действия факторов «год х генотип» (5,89%) выше по количеству зерен в колосе. Влияние остальных факторов на изучаемые признаки было незначительным (рис. 3).

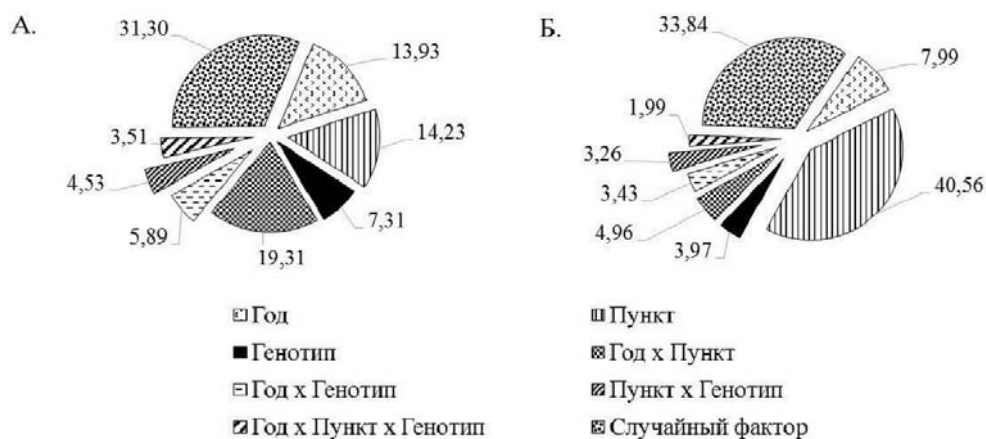


Рис. 3. Доля влияния факторов на изменчивость признаков количества [А.] и массы [Б.] зерна в колосе гибридных форм (F_4 ; F_5), % (2013-2014 гг.).

Влияние взаимодействия генотипа и условий выращивания на изменчивость изучаемых признаков достоверно только по количеству зерен в колосе, что позволило рассчитать экологическую пластичность и стабильность гибридов по данному признаку (табл. 2).

Таблица 2

Количество зерен в колосе (Хср.) гибридных форм мягкой яровой пшеницы

Пункт	Год	Гибридные формы				Ij
		1	2	3	4	
ОК	2013	14,60	15,23	16,07	18,90	-10,3
	2014	48,00	39,00	32,10	37,67	-1,3
	Средняя	31,30	27,12	26,87	28,29	-
WS	2013	29,80	32,60	32,60	51,60	7,3
	2014	38,33	45,33	29,33	40,33	3,4
	Средняя	34,07	38,97	30,97	45,97	-
WH	2013	34,70	31,21	27,78	31,49	2,9
	2014	32,33	35,17	29,67	33,67	-2,2
	Средняя	33,52	33,19	28,73	32,59	-
Среднее по пунктам		32,96	33,09	27,93	35,61	-
Пластичность, b_i	2013	0,86	1,04	0,91	1,12	-
	2014	0,17	1,44	0,32	1,66	-
Стабильность, S_i^2	2013	0,29	5,82	0,34	5,96	-
	2014	126,54	62,20	33,25	51,25	-

Примечание: ОК — биостанция «Озеро Кучак»; WS — экспериментальный участок Вальдорфской школы; WH — опытная станция «Waldhof»; 1 — ♀Сага х ♂Скэнт 1; 2 — ♀Сага х ♂Лютесценс 70; 3 — ♀Hybrid х ♂Лютесценс 70; 4 — ♀Сага х ♂Скэнт 3; Ij — индекс условий среды.

По величине индекса условий среды наиболее оптимальным соотношением комплекса факторов для формирования колосков и зерна в колосе было на экспериментальном участке Вальдорфской школы в 2013 г. (Ij = 7,3) и 2014 г. (Ij = 3,4). Менее благоприятно складывались условия на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» в 2013 г. (Ij = -10,3), на опытной станции «Waldhof» в 2014 г. (Ij = -2,2) (табл. 2).

Пластичность и стабильность проявления признаков под действием комплекса экологических факторов являются неотъемлемыми и необходимыми свойствами адаптивности растительного организма [19]. Следовательно, приспособленность растений к условиям среды можно оценить по параметрам экологической пластичности и стабильности.

Особую ценность для селекционеров представляют сорта высокоинтенсивного типа, у которых коэффициент регрессии (b_i) близок или превосходит единицу, а среднее квадратичное отклонение от линии регрессии (S_i^2) стремится к нулю, что свидетельствует о зависимости признака от условий среды [19].

Среди проходивших экологическое испытание гибридных форм к данному типу можно отнести: ♀Сага х ♂Скэнт 1 ($b_{i_{2013}} = 0,86$; $S_{i_{2013}}^2 = 0,29$) и ♀Hybrid х ♂Лютесценс 70 ($b_{i_{2013}} = 0,91$; $S_{i_{2013}}^2 = 0,34$). Два гибрида (♀Сага х ♂Лютесценс 70 и ♀Сага х ♂Скэнт 3), имеющие высокие значения среднего квадратичного отклонения (S_i^2) и коэффициент регрессии (b_i) значительно выше единицы,

характеризовались низкой стабильностью и хорошей отзывчивостью на условия среды. К третьей группе относится гибридная комбинация ♀Сага х ♂Скэнт 1 ($bi_{2014} = 0,17$; $Si^2_{2014} = 126,54$), обладающая в 2014 г. низкой экологической пластичностью и стабильностью (табл. 2).

Заключение. Экологическое испытание гибридных форм мягкой яровой пшеницы в различных климатических и почвенных условиях позволило оценить экологическую изменчивость основных признаков продуктивности колоса и провести скрининг ценных генотипов.

При отборе для селекционно-генетических программ растений по признакам продуктивности колоса необходимо учитывать, что во всех пунктах выявлена относительно большая доля изменчивости количества зерен и массы зерна в колосе, обусловленная условиями выращивания гибридных форм пшеницы в годы исследования. Отбор по изученным признакам рекомендуется проводить в годы с наиболее характерными для данной зоны погодными условиями.

Гибридные формы, выделившиеся по показателям стабильности и пластичности в меняющихся условиях окружающей среды, представляют ценный исходный материал для адаптивной селекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косулина Л.Г., Луценко Э.К., Аксенова В.А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 2011. 236 с.
2. Боме Н.А. Подбор культур и методы создания сортов для экстремальных условий Северного Зауралья: автореф. дисс. ... д-ра сельскохозяйственных наук. СПб., 1996. 46 с.
3. Боме А.Я., Боме Н.А. Исследование генофонда *Triticum aestivum* L. по реакции растений на пониженные температуры // Естественные и технические науки. 2012. № 1. С. 117-121.
4. Рипбергер Е.И., Боме Н.А., Траутц Д. Изучение полевой всхожести семян гибридов мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в различных эколого-географических условиях // В мире научных открытий. 2014, № 8(56). С. 148-168.
5. Лунова М.В. Влияние условий выращивания на внутрисортную изменчивость количественных признаков у озимой пшеницы: автореф. дисс. ... канд. биологических наук. М., 1975. 20 с.
6. Дорофеев В.Ф. Лаптев Ю.П. Чекалин Н.М. Цветение, опыление и гибридизация растений. М.: Агропромиздат, 1990. 144 с.
7. Griffing, V.A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Austr. J. Biol. Sci., 1956. № 4. Pp. 463-493.
8. Field, A., Miele, J., Field, Z. Discovering statistics using R. London: SAGE Publication Ltd, 2012. 992 p.
9. Eberhart, S.A. Russell, W.A. Stability Parameters for Comparing Varieties // Crop science. 1966. № 1. Vol. 6. Pp. 36-40.
10. Бабушкина Т.Д., Боме Н.А., Белкина Р.И. Яровая пшеница в Тюменской области: рекомендации. Тюмень, 1984. 37 с.
11. Gaju, O., Reynolds, M.P., Sparkes, D.L., Foulkes, M.J. Relationships between large-spike phenotype, grain number, and yield potential in spring wheat // Crop Science, 2009. V. 49. № 3. Pp. 961-973.
12. Protich, R., Nodorovich G., Protich N. Grain weight per spike of wheat using different ways of seed protection // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2012. V. 18. № 2. Pp. 185-190.
13. Knezevic, D. Zecevic, V., Stamenkovic, S., Atanasijevic, S., Milosevic, B. Variability of number of kernels per spike in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) // Journal of Central European Agriculture. 2012. № 13(3). Pp. 617-623.

14. Третьяков Н.Н., Лосева А.С., Макрушин Н.М. и др. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 2000. 640 с.
15. Eid, M.H. Estimation of heritability and genetic advance of yield of traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought condition // International Journal of Genetics and Molecular Biology. 2009. № 1(7). Pp. 115-120.
16. Ведров Н.Г. Селекция и семеноводство яровой пшеницы в экстремальных условиях. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1984. 240 с.
17. Арбузова В.С., Ефремова Т.Т., Мартинек П., и др. Изменчивость признаков продуктивности колоса у гибридов F₂ полученных от скрещивания сортов мягкой пшеницы Новосибирская 67, Саратовская 29, PUZA-4, с многоцветковой линией SKLE 123-09 // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Том 18. №4(1). С. 704-712.
18. Куперман Ф.М., Ржанова Е.И. Биология развития культурных растений. М.: Высшая школа, 1982. 343 с.
19. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Степочкин П.И. Новый подход и оценка экологической пластичности сортов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2014. Том. 18. № 3. С. 548-552.

REFERENCES

1. Kosulina, L.G., Lucenko, Je.K., Aksenova, V.A. *Fiziologija ustojchivosti rastenij k neblagoprijatnym faktoram sredy* [Physiology of plants resistance to negative factors of the environment]. Rostov-on-Don, 2011. 236 p. (in Russian).
2. Bome, N.A. *Podbor kul'tur i metody sozdaniya sortov dlja jekstremal'nyh uslovij Severnogo Zaural'ja* (Avtoref dokt. diss.) [Selection of Cultures and Methods of Creation of Breeds Suitable for Extreme Conditions of Northern Trans-Urals (Extended Abstract of Doct. Sci. Diss.)]. St-Petersburg, 1996. 46 p. (in Russian).
3. Bome, A.Ja., Bome, N.A. Research of the *Triticum aestivum* L. gene pool based on reaction of plants to the lowered temperatures. *Estestvennye i tehnicheckie nauki — Natural and Technical Sciences*. 2012. № 1. Pp. 117-121. (in Russian).
4. Ripberger, E.I., Bome, N.A., Traut, D. Study of the germination capacity of seeds of hybrids of the soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in various ecological and geographical conditions. *V mire nauchnyh otkrytij — In the World of Scientific Discoveries*. 2014. № 8(56). Pp. 148-168. (in Russian).
5. Luneva, M.V. *Vlijanie uslovij vyrashhivaniya na vnutrisortovuju izmenchivost' kolichestvennyh priznakov u ozimoj pshenicy* (Avtoref. kand. diss.) [Influence of cultivation conditions on the intravariety variability of quantitative markers in winter wheat (Extended Abstract of Cand. Sci. Diss.)]. Moscow, 1975. 20 p. (in Russian).
6. Dorofeev, V.F. Laptov, Ju.P. Chekalin, N.M. *Cvetenie, opylenie i gibridizacija rastenij* [Blossoming, Pollination and Hybridization of Plants]. Moscow, 1990. 144 p. (in Russian).
7. Griffing, B.A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956. № 4. Pp. 463-493.
8. Field, A., Miele, J., Field, Z. *Discovering statistics using R*. London, 2012. 992 p.
9. Eberhart, S.A., Russell, W.A. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop science*. 1966. № 1. Vol. 6. Pp. 36-40.
10. Babushkina, T.D., Bome, N.A., Belkina, R.I. *Jarovaja pshenica v Tjumenskoj oblasti: rekomendacii* [Spring Wheat in the Tyumen Region: A guide]. Tyumen, 1984. 37 p. (in Russian).
11. Gaju, O., Reynolds, M.P., Sparkes, D.L., Foulkes, M.J. Relationships between large-spike phenotype, grain number, and yield potential in spring wheat. *Crop Science*. 2009. Vol. 49. № 3. Pp. 961-973.
12. Protich, R., Nodorovich, G., Protich, N. Grain weight per spike of wheat using different ways of seed protection. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2012. Vol. 18. № 2. Pp. 185-190.

13. Knezevic, D., Zecevic, V., Stamenkovic, S., Atanasijevic, S., Milosevic, B. Variability of number of kernels per spike in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Central European Agriculture*. 2012. № 13(3). Pp. 617-623.

14. Tret'jakov, N.N., Loseva, A.S., Makrushin, N.M. et al. *Fiziologija i biohimija sel'skohozjajstvennyh rastenij* [Physiology and Biochemistry of Agricultural Plants]. Moscow, 2000. 640 p. (in Russian).

15. Eid, M.H. Estimation of heritability and genetic advance of yield of traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought condition. *International Journal of Genetics and Molecular Biology*. 2009. № 1(7). Pp. 115-120.

16. Vedrov, N.G. *Selekcija i semenovodstvo jarovoj pshenicy v jekstremal'nyh uslovijah* [Selection and Seed Farming of the Spring Wheat in Extreme Conditions]. Krasnoyarsk, 1984. 240 p. (in Russian).

17. Arbuzova, V.S., Efremova, T.T., Martinek, P., et al. Variability of spike productivity in F2 hybrids obtained by crossing wheat varieties of Novosibirskaya 67, Saratovskaya 29 and PUZA-4 with the multiflorous line of SKLE 123-09. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii — Vavilovsk Journal of Genetics and Selection*. 2014. Vol. 18. № 4(1). Pp. 704-712. (in Russian).

18. Kuperman, F.M., Rzhanova, E.I. *Biologija razvitija kul'turnyh rastenij* [Biology of Development of Agricultural Plants], Moscow, 1982. 343 p. (in Russian).

19. Potanin, V.G., Alejnikov, A.F., Stjepochkin, P.I. A new approach to estimation of the ecological plasticity of plant breeds. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii — Vavilovsk Journal of Genetics and Selection*. 2014. Vol. 18. № 3. Pp. 548-552. (in Russian).

Авторы публикации

Боме Нина Анатольевна — заведующая кафедрой ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Института биологии Тюменского государственного университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Рипбергер Елена Ивановна — аспирант кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Института биологии Тюменского государственного университета

Дитер Траутц — профессор факультета сельского хозяйства и ландшафтной архитектуры Университета прикладных наук (г. Оснабрюк, Германия), доктор сельскохозяйственных наук

Authors of the publication

Nina A. Bome — Dr. Sci. (Agricul.), Professor, Head of the Department of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture, Institute of Biology, Tyumen State University

Elena I. Ripberger — Post-graduate Student, Department of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture, Institute of Biology, Tyumen State University

Dieter Trautz — Dr. Sci. (Agricul.), Professor, Department of Agricultural Sciences and Landscape Architecture, University of Applied Sciences (Osnabrück, Germany)