

lence varies from 50 to 100 %. When the disease is progressing, chickpea plants die out. Infected seeds and soil perform as disease carriers; chickpea seeds are infected with fusarial infection up to 10-23 %, mostly: *F. oxysporum* (Schlecht.) Snyd. et Hans., *F. oxysporum* var. *orthoceras*, *F. solani* (Mart.) App. et Wr., *F. solani* var. *argillaceum* (Fr.) Bilai and others. The paper analyzes soil concentration and outlines high soil fungi concentration of *Fusarium*. The most wide-spread fungi in the soil were *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras*, *F. solani*, *F. sambucinum* Fuck., var. *minus* Wr., *F. gibbosum* App. et Wr., *F. acuminatum*, *F. oxysporum* and others. The authors explore content of pathogenic carriers of fusarial wilting of chickpea and identify the dominating types of chickpea as *F. oxysporum* var. *orthoceras*, *F. sambucinum* var. *minus*, *F. solani*, *Fusarium gibbosum*. The authors observe effective chickpea varieties with low fusarial wilting for their further application in selection.

УДК 631.95

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

О. Б. Константинова, аспирант

Е. П. Кондратенко, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Кемеровский государственный сельскохозяйственный
институт

E-mail: olykk@mail.ru

Ключевые слова: озимый тритикале, урожайность, индекс условий среды, коэффициент регрессии, дисперсия, экологическая стабильность, экологическая пластичность

Реферат. Приведены результаты исследований экологического сортоиспытания новых сортов озимого тритикале. Цель исследования – дать оценку сортам по экологической пластичности и стабильности в условиях лесостепной зоны Кемеровской области по признаку «урожайность зерна». Математическую обработку данных проводили по методике S. A. Eberhart, W. A. Russel в изложении В. З. Пакудина. Расчитаны коэффициент линейной регрессии (b_i), характеризующий экологическую пластичность сорта, и среднее квадратичное отклонение от линии регрессии (S_i^2), определяющее стабильность сорта. Метеорологические условия в годы исследования носили разнообразный характер, что позволило дать всестороннюю оценку изучаемым сортам. Индекс условий среды (I) по годам изменялся от минус 15,01 до плюс 22,39. Проявление урожайности у изучаемых сортов озимого тритикале по годам варьировало от 34,4 до 59,7 ц/га у сорта Алтайская 5; от 26,5 до 53,6 ц/га у сорта Омская; от 23,9 до 87,3 ц/га у сорта СИРС-57. Среди изучаемых сортов наибольшей реакцией на условия года отличался сорт СИРС-57 ($b_i = 1,6$), его можно отнести к сортам интенсивного типа, а сорта Омская ($b_i = 0,77$) и Алтайская 5 ($b_i = 0,63$) – к пластичным сортам. Высокостабильным по урожайности оказался сорт Омская ($S_i^2 = 1,57$). Сорта Алтайская 5 ($S_i^2 = 23,85$) и СИРС-57 ($S_i^2 = 26,11$) показали низкую стабильность, что говорит о непредсказуемом поведении этих сортов в различных условиях. По результатам исследования как наиболее ценный был отмечен сорт озимого тритикале Омская, отличившийся средней пластичностью и самой высокой стабильностью.

Важнейшим требованием, предъявляемым к сортам, является устойчивость к экологическим факторам среды [1]. а в районах с резким проявлением неблагоприятных элементов климата эта проблема особенно актуальна [2].

Приспособленность сорта к различным почвенным, погодным и хозяйственным условиям в 1932 г. была названа доктором сельскохозяй-

ственных наук И. И. Пушкаревым экологической пластичностью [3].

Разработано много различных методов оценки экологической пластичности и стабильности [4, 5]. Однако при изучении селекционного материала и новых сортов во времени (разные годы), можно получить информацию о пластичности, которая показывает процесс изменения в струк-

туре и функциях, обеспечивающих выживаемость в варьирующих условиях внешней среды [6].

Таким образом, под экологической пластичностью сорта подразумевается его биологическая возможность приспосабливаться к условиям среды обитания.

Погодные условия не имеют повторности, их градации смешаны с эффектом опыта в целом. И если по годам показатели сортов различаются, значит есть взаимодействие «сорт – условия среды», которое может быть проанализировано как дисперсионный комплекс [7].

Цель настоящей работы – дать оценку экологической пластичности и стабильности сортов озимого тритикале в условиях лесостепной зоны Кемеровской области, рассчитанным по признаку «урожайность зерна».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по экологическому сортоиспытанию проводились на полях Яшкинского государственного сортоиспытательного участка (ГСУ), расположенного в лесостепной зоне Кемеровской области, в 2009–2014 гг.

Почвы зоны в основном светло-серые лесные, содержание гумуса 3,4%, подвижного фосфора и калия – 6 и 10 мг/100 г, pH почвы – 6,1 [8].

Территория Яшкинского ГСУ относится к умеренно-прохладному умеренно-увлажненному агроклиматическому подрайону. Зима холодная и продолжительная.

Агротехника возделывания на Яшкинском сортоиспытательном участке – общепринятая в Кемеровской области. Предшественник – черный пар; способ выращивания – на богаре; площадь делянки – 25 м²; повторность – четырехкратная; размещение опытных делянок – методом латинского квадрата. Все сорта изучались на естественном фоне без внесения удобрения и без защиты посевов от вредных организмов.

В качестве объекта исследования использовали три перспективных сорта озимого тритикале: Омская – позднеспелый, вегетационный период 314-351 день, оригинатор – Омский государственный аграрный университет; СИРС-57 – позднеспелый, вегетационный период 321-343 дня, оригинатор – ГНУ СибНИИРС; Алтайская 5 – среднеспелый, вегетационный период 308-336 дней, оригинатор – ГНУ Алтайский НИИСХ.

Учитываемый признак – урожайность зерна. Математическую обработку данных проводили по методике S.A. Eberhart, W.A. Russel (1966) в изложении В.З. Зыкина [9]. Данный метод основан на расчете коэффициента линейной регрессии (b_i), характеризующего экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (S_i^2), определяющего стабильность сорта в различных условиях среды [10–12].

Для расчета коэффициента линейной регрессии b_i использована формула

$$b_i = \sum_j x_{ij} \cdot I_j / \sum_i I_j^2,$$

где x_{ij} – урожайность i -го сорта в j -м пункте;

I_j – индекс условий среды для j -го пункта (года) испытаний.

Индекс условий среды рассчитан по формуле

$$I_j = \left(\sum_i x_{ij} / v \right) - \left(\sum_i \sum_j x_{ij} / v \cdot n \right),$$

где $\sum_i x_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов в j -м пункте;

$\sum_i \sum_j x_{ij}$ – сумма урожаев всех сортов по всем пунктам;

v – количество сортов;

n – количество пунктов (лет) испытаний.

Теоретическую урожайность, необходимую для определения стабильности урожайности, рассчитывали по формуле

$$Y_{ij} = x_i + b_i \cdot I_j,$$

где x_i – средняя урожайность i -го сорта за годы (пункты) испытаний;

b_i – коэффициент регрессии;

I_j – индекс условий среды.

Фактическое отклонение от теоретической определяли по формуле

$$\sigma_{ij} = x_{ij} - Y_{ij},$$

Коэффициент стабильности (вариансу) рассчитывали по формуле

$$S_i^2 = \sum_j \sigma_{ij}^2 / n - 2,$$

где $\sum_j \sigma_{ij}^2$ – сумма квадратов отклонений;

$n - 2$ – число степеней свободы.

Сорта, коэффициент регрессии которых значительно выше единицы, следует относить к интенсивному типу. Такие сорта отличаются отзывчивостью на улучшение условий возделывания, а в неблагоприятные по погодным условиям годы резко снижают урожайность.

При коэффициенте регрессии, равном или близком к единице (высокая экологическая пластичность), изменение показателей у сорта соответствует изменению условий – на хорошем агрофоне они высокие, на низком – незначительно снижаются.

Коэффициент регрессии, равный или близкий к нулю, показывает, что сорт не реагирует на изменение среды.

К нейтральному типу (с низкой экологической пластичностью) относят сорта с коэффициентом регрессии меньше единицы. В условиях интенсивного земледелия они не могут достигать высоких результатов, но при плохих условиях у них меньше снижаются показатели в сравнении с сортами интенсивного типа.

Чем меньше квадратичное отклонение фактических показателей от теоретически ожидаемых (коэффициент стабильности), тем стабильнее сорт, другими словами, у наиболее стабильных сортов S_i^2 стремится к нулю.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные по урожайности зерна сортов озимого тритикале, полученные в результате экологического сортоиспытания в 2009–2014 гг., были подвергнуты статистической обработке.

Рассчитанные нами параметры пластичности (коэффициент регрессии) и стабильности (среднее квадратичное отклонение от линии регрессии) представлены в табл. 1.

Теоретические показатели урожайности сортов озимого тритикале, рассчитанные на основании коэффициента регрессии, представлены в табл. 2.

В табл. 3 показаны отклонения фактической урожайности от теоретической.

Таблица 1

Урожайность и параметры экологической пластичности и стабильности сортов озимого тритикале (2009–2014 гг.)

Сорт	Урожайность, ц/га						$\sum x_i$	x_i	b_i	S_i^2
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.				
Омская	53,6	40,3	27,6	26,5	27,2	45	220,20	36,70	0,77	1,57
Алтайская 5	56,1	52,4	43,6	34,4	38,4	59,7	284,60	47,43	0,63	23,85
СИРС-57	87,30	50,90	29,70	23,90	29,20	53,10	274,10	45,68	1,60	26,11
$\sum x_j$	197,00	143,60	100,90	84,80	94,80	157,80	$\sum_i \sum_j x_{ij} = 778,90$			
x_j	65,67	47,87	33,63	28,27	31,60	52,60				
I_i (индекс среды)	22,39	4,59	-9,64	-15,01	-11,67	9,33				

Таблица 2

Теоретическая урожайность сортов озимого тритикале (2009–2014 гг.), ц/га

Сорт	Пункт						Y_{ij}
	1	2	3	4	5	6	
Омская	54,05	40,26	29,23	25,08	27,66	43,92	36,70
Алтайская 5	61,52	50,32	41,37	37,99	40,09	53,30	47,43
СИРС-57	81,43	53,02	30,30	21,73	27,05	60,57	45,68

Таблица 3

Отклонение фактической урожайности сортов озимого тритикале от теоретической (2009–2014 гг.), ц/га

Сорт	Пункт						$\sum_i \sigma_{ij}^2$	S_i^2
	1	2	3	4	5	6		
Омская	-0,45	0,04	-1,63	1,42	-0,46	1,08	6,26	1,57
Алтайская 5	-5,42	2,08	2,23	-3,59	-1,69	6,40	95,39	23,85
СИРС-57	5,87	-2,12	-0,60	2,17	2,15	-7,47	104,46	26,11

Урожайность у изучаемых сортов озимого тритикале за весь период исследований колебалась от 53,6 до 87,3 ц/га в 2009 г., от 40,3 до 52,4 в 2010 г., от 27,6 до 43,6 в 2011 г., от 23,9 до 34,4 в 2012 г., от 27,2 до 38,4 в 2013 г. и от 45,0 до 59,7 ц/га в 2014 г.

Наиболее урожайными за период исследования были сорта Алтайская 5 и СИРС-57. Однако они существенно различались по проявлению этого признака. Например, у сорта Алтайская 5 урожайность варьировала от 34,4 до 59,7 ц/га, а у сорта СИРС-57 размах варьирования гораздо больше – от 23,9 до 87,3 ц/га. Среднее положение занимает сорт Омская, размер варьирования у него составил от 26,5 до 53,6 ц/га.

Метеорологические условия в годы исследования носили разнообразный характер. Это позволило дать более объективную оценку изучаемым сортам исходя из сложившихся внешних условий среды, обусловленных гидротермическим режимом.

Индекс условий среды (I_j) по годам изменялся от минус 15,01 до плюс 22,39. Положительное значение индекса условий среды формирует благодаря более полной реализации потенциальных возможностей генотипов в данных условиях, а между тем высокие отрицательные индексы являются следствием низкого адаптивного потенциала изучаемых сортов.

Наиболее благоприятным для сортов озимого тритикале был 2009 г. ($I_j = 22,39$). Он отличился достаточно хорошим увлажнением в течение всего вегетационного периода с небольшим преобладанием осадков в начальный период вегетации и недобором тепла в репродуктивный период, что не помешало формированию достаточно высокого урожая зерна.

В 2012 г. длительный засушливый период оказал негативное влияние на продуктивность культур. Для этого года определено высокое отрицательное значение индекса среды ($I_j = -15,01$).

В 2013 г. сложилась сложная ситуация по погодным условиям для возделывания и уборки озимого тритикале. Избыток осадков в репродуктивный период в виде затяжных дождей в 1,5–2 раза превысил норму. Весна в этот год выдалась холодной, поздней и затяжной. В период активной вегетации отмечен недобор положительных температур на 500–700 °С. Индекс условий среды в 2013 г. имеет довольно высокое отрицательное значение ($I_j = -11,67$).

Хорошим гидротермическим режимом в начальный период вегетации и низкой влагообеспеченностью в репродуктивный период характери-

зовался 2011 г., что не могло не отразиться на урожайности озимого тритикале ($I_j = -9,64$).

Для испытания сортов озимого тритикале на продуктивность благоприятными оказались 2014 г. ($I_j = 9,33$) и 2010 г. ($I_j = 4,59$), весенний период этих лет отличался хорошей влагообеспеченностью. Репродуктивный же период 2010 г. характеризовался недостатком тепла, а летний период 2014 г. отмечен как засушливый, что, в свою очередь, не повлияло на достаточно высокий уровень урожайности сортов озимого тритикале.

Таким образом, изучаемые сорта озимого тритикале различались не только по уровню проявления признака, но и по реакции на условия года.

Среди испытанных сортов наибольшей реакцией на условия года отличился сорт СИРС-57 (b_i), который можно отнести к интенсивному типу, при этом он характеризовался самым нестабильным поведением, о чем свидетельствует высокое значение коэффициента стабильности ($S_i^2 = 26,11$).

Близкими коэффициентами регрессии характеризовались сорта Омская ($b_i = 0,77$) и Алтайская 5 ($b_i = 0,63$). Эти сорта оказались наименее отзывчивы на улучшение условий выращивания. При этом у сорта Алтайская 5 отмечено высокое значение коэффициента стабильности ($S_i^2 = 23,85$). Самым стабильным поведением из исследуемых сортов озимого тритикале характеризовался сорт Омская ($S_i^2 = 1,57$).

ВЫВОДЫ

1. В ходе проведения в 2009–2014 гг. исследований на территории Яшкинского ГСУ Кемеровской области для оценки экологической пластичности и стабильности сортов озимого тритикале по продуктивности была отмечена зависимость урожайности зерна от метеоусловий конкретного вегетационного периода. Необходимость создания сортов зерновых культур, характеризующихся экологической пластичностью, выраженной, прежде всего, в меньшей зависимости от внешних факторов среды, находит свое подтверждение.
2. На основании проведенного анализа к сортам интенсивного типа можно отнести сорт СИРС-57 ($b_i = 1,6$); к пластичным – сорта Омская ($b_i = 160,77$) и Алтайская 5 ($b_i = 0,63$).
3. Высокостабильным по урожайности можно считать сорт Омская ($S_i^2 = 1,57$), низкую стабильность по сравнению с сортом Омская проявили сорта Алтайская 5 ($S_i^2 = 23,85$) и СИРС-57 ($S_i^2 = 26,11$).

4. Наиболее ценным среди испытанных сортов по комплексу параметров стабильности и пластичности является сорт Омская. Этот сорт отличался средней пластичностью ($b_i=0,77$) и самой высокой стабильностью ($S_i^2=1,57$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жученко А. А. Роль адаптивной системы селекции в растениеводстве XXI века // Коммерческие сорта полевых культур Российской Федерации. – М.: ИКАР, 2003. – С. 10–15.
2. Жученко А. А., Урсул А. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства: Роль науки в повышении эффективности растениеводства. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 304 с.
3. Научно-методические рекомендации для студентов аграрных учебных заведений, руководителей и специалистов предприятий АПК / В. Е. Ториков, А. В. Богомаз, О. В. Мельникова, М. А. Богомаз. – Брянск: Брян. гос. с.-х. акад., 2013. – 72 с.
4. Мартынов С. П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур // С.-х. биология. – 1989. – № 3. – С. 124–128.
5. Удачин Р. А., Головченко А. П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 5. – С. 2–6.
6. Пакудин В. З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. – Новосибирск: Наука, 1976. – 189 с.
7. Корзун А. С., Бруйло А. С. Адаптивные особенности селекции семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.
8. ГОСТ 26204–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Технические условия: Введ. 1993–06–30. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 8 с.
9. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации / ВАСХНИЛ Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1984. – 24 с.
10. Кундик Т. М. Пластичность и стабильность урожайности сортов люпина желтого // Селекция и семеноводство полевых культур: юбил. сб. науч. тр. – Воронеж: Воронеж. ГАУ, 2007. – Ч. 2. – С. 93–96.
11. Сравнительная характеристика зерновой продуктивности и параметров адаптивности сортообразцов чумизы / Т. А. Анохина, Е. М. Чирко, Р. М. Кадыров, Л. И. Гвоздова // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. – 2013. – № 2. – С. 69–76.
12. Чирко Е. М. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов проса (*Panicum miliaceum*) в условиях юго-западного региона республики // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. – 2009. – № 3. – С. 49–54.
1. Zhuchenko A. A. *Rol' adaptivnoy sistemy seleksii v rastenievodstve XXI veka* [Kommercheskie sorta polevykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii]. Moscow: IKAR, 2003. pp. 10–15.
2. Zhuchenko A. A., Ursul A. *Strategiya adaptivnoy intensifikatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: Rol' nauki v povyshenii effektivnosti rastenievodstva*. Kishinev: Shtiintsa, 1983. 304 p.
3. Torikov V. E., Bogomaz A. V., Mel'nikova O. V., Bogomaz M. A. *Nauchno-metodicheskie rekomendatsii dlya studentov agrarnykh uchebnykh zavedeniy, rukovoditeley i spetsialistov predpriyatiy APK*. Bryansk: Bryan. gos. s.-kh. akad., 2013. 72 p.
4. Martynov S. P. *Otsenka ekologicheskoy plastichnosti sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [S.-kh. biologiya], no. 3 (1989): 124–128.
5. Udachin R. A., Golovchenko A. P. *Metodika otsenki ekologicheskoy plastichnosti sortov pshenitsy* [Selektsiya i semenovodstvo], no. 5 (1990): 2–6.
6. Pakudin V. Z. *Parametry otsenki ekologicheskoy plastichnosti sortov i gibridov. Teoriya otbora v populyatsiyakh rasteniy*. Novosibirsk: Nauka, 1976. 189 p.
7. Korzun A. S., Bruylo A. S. *Adaptivnye osobennosti seleksii semenovodstva sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* [Posobie]. Grodno: GGAU, 2011. 140 p.
8. GOST 26204–91. *Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedineniy fosfora i kaliya po metodu Chirikova v modifikatsii TsINAO. Tekhnicheskie usloviya: Vved. 1993–06–30*. Moscow: Izd-vo standartov, 1993. 8 p.
9. Zykin V. A., Meshkov V. V., Sapega V. A. *Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy, ikh raschet i analiz* [Metod. rekomendatsii / VASKhNIL Sib. otd-nie]. Novosibirsk, 1984. 24 p.

10. Kundik T.M. *Plastichnost' i stabil'nost' urozhaynosti sortov lyupina zheltogo* [Selektsiya i semenovodstvo polevykh kul'tur: yubil. sb. nauch. tr.]. Voronezh: Voronezh. GAU. Ch. 2 (2007): 93–96.
11. Anokhina T.A., Chirko E.M., Kadyrov R.M., Gvozdoval L.I. *Sravnitel'naya kharakteristika zernovoy produktivnosti i parametrov adaptivnosti sortoobraztsov chumizy* [Izv. Nats. akad. nauk Belarusi], no. 2 (2013): 69–76.
12. Chirko E.M. *Sravnitel'naya otsenka zernovoy produktivnosti i adaptivnosti sortov prosa (Panicum miliaceum) v usloviyakh yugo-zapadnogo regiona respubliki* [Izv. Nats. akad. nauk Belarusi], no. 3 (2009): 49–54.

ENVIRONMENTAL PLASTICITY AND RESISTANCE OF WINTER TRITICALE NEW VARIETIES

Konstantinova O.B., Kondratenko E.P.

Key words: winter triticale, crop yield, index of environmental conditions, regressive co-efficient, variance, environmental stability, environmental plasticity.

Abstract. The article shows the research results on environmental winter triticale testing. The aim of the research is to estimate varieties according to their environmental plasticity, resistance and grain yield in the forest-steppe of Kemerovo region. The paper shows mathematical estimation of data according to the methodics of S.A. Eberhart, W.A. Russel rendered by V.Z. Pakudin. The authors calculated regressive linear co-efficient $P(b_i)$, which characterizes environmental plasticity, and mean square deviation of regression (S_i^2), which defines variety resistance. The researchers estimated the varieties in different meteorological conditions when environmental index (I) varied from -15.01 to $+22.39$. Crop yield of the winter triticale varieties studied varied from 34.4 to 59.7 hundredweight pro ha of Altaiskaia 5 variety; from 26.5 to 53.6 hundredweight pro ha of Omskaia variety and from 23.9 to 87.3 hundredweight pro ha of SIRS-57. The authors observed SIRS-57 ($b_i = 1.6$) to be the least resistant to year climate conditions (it is referred to intensive varieties) and Omskaia ($b_i = 0.77$) and Altaiskaia 5 ($b_i = 0.63$) varieties are referred to plastic varieties. Omskaia variety ($S_i^2 = 1.57$) appeared to be highly productive whereas Altaiskaia 5 ($S_i^2 = 23.85$) and SIRS-57 ($S_i^2 = 26.11$) varieties appeared to be low productive and this speaks about their zigzag response in other conditions. The research outlines Omskaia variety of winter triticale as the most effective, mean plastic and highly-resistant and productive.