



УДК 633.11"324":631.524.85(571.1/.5)

Г.В. АРТЁМОВА, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
П.И. СТЕПОЧКИН, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
В.И. ПОНОМАРЕНКО, старший научный сотрудник,
Н.Н. ЕРМОШКИНА, научный сотрудник,
Г.В. ПОНОМАРЕНКО, младший научный сотрудник

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции –
филиал Института цитологии и генетики СО РАН
630501, Новосибирская область, пос. Краснообск
e-mail: sibniirs@bk.ru

ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СИБИРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ

Представлены трехлетние (2009–2011) результаты изучения семи сортов озимой мягкой пшеницы *T. aestivum* L. на двух разных по влажности фонах (Новосибирская область). Хорошим потенциалом урожайности (5,21 т/га) обладает сорт Новосибирская 3. Лучшие условия для формирования урожайности сортов сложились в 2009 г. при посеве в горчичных кулисах. Определяющее влияние на формирование продуктивности озимой пшеницы в условиях исследования оказал фактор «год» – 70,7 %, факторы «сорт» и «фон» – 11,9; 7,1 % соответственно. Наибольшее влияние фактора «год» свидетельствует о преобладающей доле средовых эффектов лет и значимости их влияния на фенотипическую изменчивость урожайности. Значимость взаимодействия факторов свидетельствует о том, что дальнейшее повышение урожайности возможно за счет высокопродуктивных адаптивных сортов. Сорта озимой пшеницы Новосибирская 40, Новосибирская 2 и Омская 6 при значении $bi > 1$ обладают большей отзывчивостью на изменение условий выращивания. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как способны положительно реагировать повышением урожайности зерна. Сорт Новосибирская 3 среднестабильный с показателем bi , близким к 1, имеет хорошую урожайность и адекватную отзывчивость к изменению условий выращивания. Высокую стабильность показали сорта со средней урожайностью зерна – Новосибирская 40 и Новосибирская 51. Сорта Новосибирская 3 и Обская озимая являются пластичными, адекватно реагируя на изменение условий окружающей среды. Учитывая комплекс таких показателей, как пластичность, стабильность и гомеостатичность, можно отнести Новосибирскую 3 и Обскую озимую к наиболее адаптивным сортам из всех изученных в данной работе.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, урожайность, пластичность, стабильность, условия выращивания.

Один из основных резервов увеличения производства зерна в Западно-Сибирском регионе – расширение площади озимых культур, которые в предыдущие годы были представлены в основном посевами озимой ржи как наиболее зимостойкой культуры. В последние десятилетия в связи с созданием сибирскими селекционерами нового поколения зимостойких сортов озимой пшеницы и внедрения их в производство происходит расширение посевов пшеницы до 40–50 % от общей площади озимых. Из 17 сортов озимой пшеницы, рекомендованных для возделывания в 10-м

регионе, 12 созданы в селекционных учреждениях Сибири [1]. Основное преимущество сортов сибирской селекции заключается в их более высоком уровне экологической устойчивости, так как успешный отбор специфически устойчивых генотипов в селекционном процессе возможен лишь в условиях, максимально сходных с теми, в каких будет выращиваться сорт [2]. Адаптивные сорта обладают экологической пластичностью, т.е. проявляют большую приспособленность к неблагоприятным факторам среды, влияние которых обуславливает до 60–80 % межгодовой вариабельности урожайности [3]. Критерием адаптивности сортов является уровень их урожайности при возделывании в различных условиях [4]. В исследованиях, проводимых рядом авторов, показано, что наибольшее влияние на уровень урожайности сельскохозяйственных культур оказывают условия вегетации [5–7]. Для возделывания в сельскохозяйственном производстве необходимы агроэкологически специализированные сорта, способные обеспечить стабильный уровень урожайности в изменяющихся условиях среды [8].

Цель исследования – оценить экологическую пластичность и стабильность сибирских сортов озимой пшеницы при выращивании в различных агроэкологических условиях.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на опытных полях Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции (СибНИИРС) в 2009–2011 гг. Материалом исследований служили 6 сортов озимой мягкой пшеницы *T. aestivum* L. селекции СибНИИРС: Новосибирская 32, Новосибирская 40, Новосибирская 51, Новосибирская 3, Новосибирская 2, Обская озимая, а также сорт селекции Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства Омская 6.

Посев проводили по паровому предшественнику на двух фонах: с горчичными кулисами и без кулис на делянках площадью 25 м² в четырехкратной повторности. Норма высева 6,0 млн всхожих семян/га, срок посева 20–24 августа.

Метеорологические условия в годы проведения опытов были различными как по температурному режиму, так и по количеству осадков. Кулисы способствовали большему накоплению снега по сравнению с бескулисным паровым участком, что дало возможность длительный период сохранить почвенную влагу в весенний и ранне-летний периоды (четвертый – пятый этапы органогенеза растений). Три года проведения эксперимента и два его варианта позволили в дальнейших расчетах использовать шесть вариантов внешних условий воздействия (температура и влажность воздуха и почвы) на проявление интегрального хозяйственно-важного признака – урожайность зерна. Во все годы проведения эксперимента отмечено нормальное осеннее развитие растений. В зимние месяцы температура на глубине узла кущения не опускалась ниже –7...–14 °С при высоте снежного покрова от 30 до 60 см, что обеспечило высокую сохранность растений в течение перезимовки.

Уровень зимостойкости варьировал по годам от 63,2 до 68,7 % при посеве в кулисах и 60,4–69,0 % – без кулис. Таким образом, наличие кулис не оказало существенного влияния на перезимовку растений.

Показатель гомеостатичности рассчитан по формуле В.В. Хангильдина, параметры экологической пластичности – по методу S.A. Eberchart, W.A. Russel в редакции В.А. Зыкина [9] и по С.П. Мартынову [10].

Полевые наблюдения и учеты вели по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Экспериментальные данные, полученные в опытах, обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее благоприятные условия летней вегетации отмечены в 2009 г., когда в период формирования колоса (выход в трубку – колошение – цветение) в III декаду мая и в июне количество осадков составило 120 % к норме при температуре на уровне средней многолетней. Средний уровень урожайности при посеве в кулисах составил 5,85 т/га, без кулис 5,61 т/га (табл. 1).

В 2010 г. при достаточном влагообеспечении в мае (150 % осадков к норме), отсутствие осадков в июне и июле (30 и 34 % к норме) привело к существенному снижению урожайности по сравнению с 2009 г. – на 1,69 т/га в кулисах и 2,17 т/га – без кулис. Более резкое снижение урожайности (до 3,44 т/га) на участке без кулис указывает на положительную роль кулис как накопителя продуктивной влаги в почве в течение весенне-летнего периода.

В условиях 2011 г. при недостаточном уровне летних осадков в период формирования колоса (80 % к норме в мае и 54 % – в июне) средняя урожайность по сортам составила на кулисном паровом участке 5,31 т/га, на участке без кулис – 4,74 т/га.

В среднем по опыту урожайность сортов озимой пшеницы варьировала в кулисах от 3,5 до 6,5 т/га, без кулис – от 3,2 до 5,8 т/га. Средняя при-

Таблица 1
Урожайность сортов озимой пшеницы при посеве на паровом участке в кулисах и без кулис, т/га

Сорт	2009 г.		2010 г.		2011 г.		Средняя		Общая средняя
	без кулис	в кулисах	без кулис	в кулисах	без кулис	в кулисах	без кулис	в кулисах	
Новосибирская 32 (стандарт)	4,93	4,71	3,21	3,96	3,78	4,41	3,97	4,36	4,17
Новосибирская 40	5,64	6,08	3,36	3,86	4,65	5,28	4,55	5,07	4,81
Новосибирская 51	5,54	5,45	3,34	4,00	4,46	5,18	4,45	4,88	4,66
Новосибирская 3	5,86	6,50	3,74	4,84	4,67	5,62	4,76	5,65	5,21
Новосибирская 2	5,66	5,70	3,42	3,65	5,49	5,84	4,86	5,06	4,96
Обская озимая	5,90	6,34	3,72	4,35	4,72	5,20	4,78	5,30	5,04
Омская 6	5,76	6,14	3,3	4,47	5,44	5,61	4,83	5,41	5,12
Среднее	5,61	5,85	3,44	4,16	4,74	5,30	4,60	5,10	4,85
НСР ₀₅	0,18	0,10	0,12	0,14	0,07	0,06			
Индекс условий среды, I _j	0,76	0,99	-1,41	-0,69	-0,11	0,45			

бавка урожайности озимой пшеницы на кулисных парах составила от 0,2 т/га по сорту Новосибирская 2 до 0,8 т/га по сорту Новосибирская 3.

За период исследования по урожайности при посеве в кулисах и без кулис выделились сорта Новосибирская 3, Омская 6, Обская озимая. Максимальная урожайность (6,5 т/га) получена у сорта Новосибирская 3 в 2009 г. Средняя урожайность зерна этого сорта 5,21 т/га, что свидетельствует о его высоком потенциале.

Общая характеристика условий выращивания приведена при расчете индексов условий среды. Лучшие условия для роста и развития растений складываются при положительном значении индекса среды, худшие – при отрицательном. Лучшие условия для формирования урожайности сортов озимой пшеницы сложились в 2009 г. Индекс условий среды при посеве в кулисах составил $I_j = 0,99$ т/га, на фоне без кулис – $I_j = 0,76$ при урожайности 5,85–5,61 т/га. Наихудшие условия для формирования урожайности были в 2010 г., индекс составил $I_j = -0,69$ т/га (в кулисах) и $-1,41$ т/га (без кулис) при урожайности от 3,2 до 4,8 т/га (см. табл. 1).

На основе трехфакторного дисперсионного анализа выявлена доля изучаемых факторов (генотип – среда – фон) на формирование урожайности озимой пшеницы (табл. 2). Расчеты существенны на 5%-м уровне значимости. Определяющее влияние на формирование продуктивности озимой пшеницы в условиях исследования оказал фактор «год» – 70,7 %, фактор «сорт» – 11,9 и «агрофон» – 7,1 %. Наибольшее влияние фактора «год» свидетельствует о преобладающей доле средовых эффектов по годам испытания и о значимости их влияния на фенотипическую изменчивость урожая. В то же время значимость взаимодействия факторов свидетельствует о том, что дальнейшее повышение урожайности возможно за счет высокопродуктивных адаптивных сортов.

Коэффициент линейной регрессии урожайности сортов bi показывает реакцию на изменение условий выращивания. Он может принимать значение больше или меньше 1, а также быть равным 1. В среднем за годы исследований сорта (при значении $bi = 1$), которые имели пол-

Таблица 2
Доля влияния факторов на урожайность озимой пшеницы

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}	Доля фактора
Общая	11309,10	125	–	–	–	–
Повторений	3,96	2	–	–	–	–
Предшественник А	802,07	1	802,074	620,280	4,03	7,09
Год В	8000,01	2	4000,007	3093,386	3,18	70,74
Сорт С	1350,51	6	225,085	174,068	2,29	11,94
Взаимодействие:						
АВ	128,13	2	64,063	49,543	3,18	1,13
АС	120,11	6	20,019	15,482	2,29	1,06
ВС	670,53	12	55,877	43,212	1,9	5,93
АВС	127,71	12	10,642	8,230	1,9	1,13
Остаток (ошибка)	106,03	82	1,293	–	–	0,94

ное соответствие изменения урожайности на условия выращивания, не выявлены.

Регрессия $bi < 1$ показывает, что урожайность зерна слабо зависит от изменений условий среды, что характерно для сорта Новосибирская 32. Новосибирская 3 является лучшим из сортов при значении $bi = 1,02$. В жестких условиях урожайность его выше других в наборе. Лучше использовать данный сорт на экстенсивном (вариабельном) фоне, где он даст максимум отдачи при минимуме затрат. Сорт имеет наивысшую среднюю урожайность (3,74–6,50 т/га) по отношению к другим сортам. Сорт-стандарт Новосибирская 32 (при значении $bi = 0,65$) имел самую низкую урожайность.

Новосибирская 40, Новосибирская 2 и Омская 6 при значении $bi > 1$ обладают большей отзывчивостью на изменение условий выращивания. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как способны положительно реагировать повышением урожайности зерна.

Сорт озимой пшеницы Новосибирская 40, где $bi > 1$, а σd^2 стремится к нулю, относится к высокоинтенсивному типу в благоприятных условиях выращивания и характеризуется стабильностью урожайности. Сорта Новосибирская 2 и Омская 6 с высокими показателями bi и σd^2 менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожайности.

Новосибирская 32 и Новосибирская 51, у которых $bi < 1$ и показатель σd^2 имел невысокое значение, слабо реагировали на улучшение внешних условий, но в то же время для них была характерна высокая стабильность урожайности. Сорт Новосибирская 3 среднестабильный, с показателем bi , близким к 1, имел хорошую урожайность и адекватную отзывчивость к изменению условий выращивания.

Оценку достоверности различий средней урожайности по сортам за все годы можно получить с помощью F -критерия (F_{ϕ}) и $F_{0,5}$, где $F_{0,5} = 5,05$.

Достоверные различия показателя σd^2 обнаружены у Новосибирской 3 с сортами Новосибирская 40 и Новосибирская 51, а также Новосибир-

Таблица 3
Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой пшеницы (2009–2011 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га		V, %	Пластичность, bi	Стабильность, σd^2	Показатель гомеостатичности
	средняя	min–max				
Новосибирская 32 (стандарт)	4,17	3,21–4,93	15,3	0,65	0,061	4,92
Новосибирская 40	4,81	3,36–6,08	21,9	1,14	0,019	6,16
Новосибирская 51	4,66	3,34–5,54	18,9	0,95	0,017	5,75
Новосибирская 3	5,21	3,74–6,50	18,9	1,02	0,098	6,42
Новосибирская 2	4,96	3,42–5,84	22,4	1,10	0,253	6,39
Обская озимая	5,04	3,72–6,34	19,4	1,03	0,060	6,25
Омская 6	5,12	3,30–6,14	20,5	1,11	0,080	6,44
Среднее по опыту	4,85					
НСР ₀₅	0,38					

ской 2 с этими же сортами пшеницы. Остальные сорта имели несущественные различия согласно *F*-критерию.

Анализ полученных результатов свидетельствует о большой изменчивости урожайности. Варьирование ее в среднем составило 16,7 %, по отдельным сортам – от 15,3 до 22,4 %. Наименьшую вариабильность признака показал сорт Новосибирская 32 (15,3 %). Высокой гомеостатичностью урожайности обладали Омская 6, Новосибирская 3, Новосибирская 2 и Обская озимая.

Новосибирская 3 и Обская озимая имели повышенную гомеостатичность урожайности, коэффициент bi , близкий к 1 (адекватная реакция на изменение внешних условий), невысокое значение σd^2 в сочетании с высокой урожайностью зерна. Это свидетельствует об их высокой адаптивности к условиям лесостепи Приобья.

ВЫВОДЫ

1. Высокий потенциал урожайности зерна (более 5 т/га) при испытании в разных условиях показали сорта Новосибирская 3, Омская 6 и Обская озимая. Высокую стабильность показали сорта со средней урожайностью зерна – Новосибирская 40 и Новосибирская 51. Новосибирская 3 и Обская озимая являются пластичными, адекватно реагируя на изменение условий окружающей среды.

2. Учитывая комплекс показателей пластичности, стабильности и гомеостатичности, можно отнести сорта Новосибирская 3 и Обская озимая к наиболее адаптивным из всех изученных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихенко И.Е., Артемова Г.В., Христов Ю.А. Становление и развитие селекции растений в Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2014. – № 5. – С. 28–35.
2. ИONOва Е.В., Газе В.Л., Некрасов Е.И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур // Зерн. хоз-во России. – 2013. – № 3 (27). – С. 19–21.
3. Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений // С.-х. биология. – 2000. – № 3. – С. 55–60.
4. Алабушев А.В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 47–51.
5. Агеева Е.В., Лихенко И.Е., Советов В.В., Пискарев В.В. Экологическая пластичность пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 1. – С. 22–28.
6. Рыбась И.А. Оценка сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности // Зерн. хоз-во России. – 2014. – № 1 (31). – С. 31–39.
7. Розова М.А., Янченко В.И., Мельник В.М. Экологическая пластичность яровой твердой пшеницы в условиях Алтая. – Барнаул, 2010. – 148 с.
8. Велекжанин В.С., Коробейников Н.И. Адаптивность сортов и линий яровой мягкой пшеницы по урожайности и элементам ее структуры в условиях Приобской лесостепи Алтайского края // Вестн. Алтайского ГАУ. – 2012. – № 6 (92). – С. 10–14.
9. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. и др. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. – Уфа, 2005. – 100 с.
10. Мартынов С.П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур // С.-х. биология. – 1989. – № 3. – С. 124–128.

Поступила в редакцию 06.11.2015

G.V. ARTEMOVA, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher,
P.I. STEPOCHKIN, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher,
V.I. PONOMARENKO, Senior Researcher,
N.N. ERMOSHKINA, Researcher,
G.V. PONOMARENKO, Junior Researcher

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute
of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: sibniirs@bk.ru

EVALUATION OF WINTER WHEAT VARIETIES BRED IN SIBERIA AS TO ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY PARAMETERS

Results are given from a three-year (2009–2011) study on seven cultivars of winter common wheat *T. aestivum* L. against two backgrounds differing in humidity (Novosibirsk Region). The Novosibirskaya 3 cultivar of winter common wheat was found to have a good yield potential of 5.21 t/ha. The best conditions for yield formation in the cultivars when sown in mustard hedgerows were in 2009. The determinants in forming yielding capacity of winter wheat under study were the year factor of 70.7%, and cultivar and background factors of 11.9 and 7.1%, respectively. The greatest influence of the year factor is significant of the prevalence of environmental effects and the importance of their influence on the yield phenotypic variability. The significant interaction between the factors indicates that further yield increases can be achieved through the use of adaptive high-producing varieties. The cultivars Novosibirskaya 40, Novosibirskaya 2 and Omskaya 6 showing the value $bi > 1$ have greater responsiveness to changing their growing conditions than the others. Such cultivars demand higher field management levels, as they are capable of positively responding by increased yields. The Novosibirskaya 3 cultivar is medium-stable, with the coefficient bi close to 1, has good yields and adequate responsiveness to changing growing conditions. The cultivars Novosibirskaya 40 and Novosibirskaya 51 with moderate grain yields showed high stability. The cultivars Novosibirskaya 3 and Obskaya Ozimaya possess high plasticity, and adequately respond to changing environmental conditions. Taking into account a set of such parameters as plasticity, stability and homeostaticity, one can consider Novosibirskaya 3 and Obskaya Ozimaya to be most adaptive among the all cultivars studied.

Keywords: winter common wheat, cultivar, yielding capacity, plasticity, stability, growing conditions.

УДК 581.2:632.4

А.В. РУДИКОВСКИЙ, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией,
И.М. МОКШОНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН

666033, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132

e-mail: prod@sifibr.irk.ru

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К ВОЗБУДИТЕЛЮ БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Представлены результаты изучения устойчивости тест-сортов томата и ряда широко используемых гибридов томата к местным расам возбудителей бурой пятнистости листьев (*Cladosporium fulvum* Cooke). В испытании использованы гибриды отечественной и зарубеж-