

АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

© 2019 Г.Я. Маслова, М.Р. Абдраев, И.И. Шарапов, Ю.А. Шарапова

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Кинель

Статья поступила в редакцию 02.12.2019

Были проанализированы 11 сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности на адаптивность с помощью различных методик расчёта экологической пластичности и стабильности в 2012-2018 гг. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показали достоверное существенное влияние на изменчивость урожайности фактора среды (7 лет испытаний) – 96,89%, сорта (11 генотипов) – 2,45%, а также взаимодействия между ними, которое значительно ниже, но также достоверно – 0,65%, на 5%-ном уровне значимости. Урожайность сильно варьировала в зависимости от условий выращивания и сорта от 13,7 ц/га (Кинельская 4, 2015 г.) до 62,4 ц/га (Эритроспермум 3730, 2017 г.). Низкий уровень варьирования отмечен у сортов Велютинум 3611, Велютинум 3751 и Поволжская нива в сочетании с высоким уровнем показателя гомеостатичности. По коэффициенту линейной регрессии b_1 наиболее пластичными являются сорта Кинельская 4, Эритроспермум 3730, Лютесценс 3585, Лютесценс 3645 и Константиновская. По среднеквадратическому отклонению (дисперсии) стабильными оказались сорта Поволжская нива ($\sigma_{2d}=1,68$), Поволжская 86 ($\sigma_{2d}=3,76$) и Велютинум 3751 ($\sigma_{2d}=3,82$). По регрессионной модели G.C.C. Tai выделились сорта Велютинум 3751, Поволжская 86 и Поволжская нива. К сортам с высокой стабильностью по методике С.П. Мартынова относятся сорта Лютесценс 3585, Поволжская нива, Велютинум 3611, Велютинум 3751, Константиновская и Эритроспермум 3730. Среди всех изученных сортов наиболее пластичным и стабильным по урожайности оказался сорт Поволжская нива. У сорта отмечен относительно низкий коэффициент вариации (29,2%), самый высокий в опыте уровень гомеостатичности (31,22), высокая среднесортная урожайность за годы исследований (35,77 ц/га) и среднеквадратическое отклонение по Eberhart and Russell ($\sigma_{2d}=1,68$).

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, пластичность, адаптивность, стабильность, гомеостатичность, дисперсия.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях резко изменяющегося климата урожайность и качество зерна современных сортов сельскохозяйственных культур зависит в основном от использования восприимчивых к окружающей среде сортов. Наиболее приспособленными к соответствующим условиям внешней среды являются местные сорта с комплексной групповой устойчивостью [1].

Взаимодействие генотип-среда являются основным фактором, определяющим потенциал урожайности культуры в месте её возделывания. Это предопределяет оценку селекционного ма-

териала в адаптивном и экологическом направлении. Труд селекционера должен быть направлен на выявление экологически устойчивых и стабильных генотипов, не снижающих урожайность и качество конечной продукции.

Цель исследования – определение стабильности и пластичности урожайности зерна у различных генотипов озимой мягкой пшеницы в условиях Среднего Поволжья с использованием различных методик адаптивности и выявление сортов озимой пшеницы, как с высокой урожайностью, так и стабильностью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2012-2018 гг. в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН. Полевые опыты закладывались по типу конкурсного сортоиспытания по стандартной агротехнике, принятой в регионе, а также по основным методикам [2]. Площадь делянки – 25 м² в четырёхкратной повторности с систематическим расположением. Изучение проводилось на 11 сортах, созданных в лаборатории селекции и семеноводства института. В качестве стандарта использовали сорт Поволжская 86. Для анализа адаптивности использовались

Маслова Галина Яковлевна, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и семеноводства озимой пшеницы.

Абдраев Мянсур Равилович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией инновационных технологий в селекции, семеноводстве и семеноведении. E-mail: alcasar@rambler.ru

Шарапов Иван Иванович, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы. E-mail: scharapov86@mail.ru

Шарапова Юлия Андреевна, агроном-исследователь лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы. E-mail: belyaeva.u.a@yandex.ru

следующие статистические показатели: коэффициент вариации (CV), показатель гомеостатичности (Hom) по В.В. Хангильдину [3], отклонение от обычного среднего квадрата регрессии Eberhart and Russell [4], регрессионная модель G.C.C. Tai [5] с использованием α (альфа) и λ (лямбда) мер и пластичность по С.П. Мартынову [6].

Среднее Поволжье отличается контрастностью погодных условий. С заметной периодичностью случаются как засушливые, так и острозасушливые годы. Снижение урожайности сортов озимой пшеницы непосредственно связано с майской засухой 2012, июньской засухой 2013 г., а также июльской засухой, 2012 и 2014 гг. Низкая продуктивность 2015 г. объясняется довольно сильно засухой, как перед посевом, так и после него. Наиболее благоприятным периодом вегетации за исследуемые годы оказался 2017 год.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения достоверного влияния среды, генотипа и взаимодействия генотип-среда на урожайность зерна сортов озимой пшеницы был проведён двухфакторный дисперсионный анализ. Результаты дисперсионного анализа показывают значительное влияние на изменчивость урожайности как фактора среды (7 лет испытаний) – 96,89%, так и сорта (11 генотипов) – 2,45%. Взаимодействие между генотипом и средой значительно ниже, но также достоверно – 0,65%, на 5%-ном уровне значимости.

В результате проведённых нами исследований урожайность озимой мягкой пшеницы сильно варьировала в зависимости от условий выращивания и сорта от 13,7 ц/га (Кинельская 4, 2015 г.) до 62,4 ц/га (Эритроспермум 3730, 2017 г.). Достоверно превысили стандарт сорта Эритроспермум 3730, Поволжская нива и Константиновская, соответственно 37,4, 35,8 и 34,9 ц/га. Наименьший уровень варьирования отмечен у сортов Велютинум 3611

и Велютинум 3751, показатель гомеостатичности также оказался высоким, что говорит о стабильности генотипа, его способности реализовать свой потенциал в различных условиях среды. Максимальное значение гомеостатичности оказалось у сорта Поволжская нива, при сочетании высокой урожайности и низкого уровня коэффициента вариации, что характеризует сорт как высокостабильный.

Урожайность зерна как количественный признак – результат разных процессов, проходящих в процессе онтогенеза растений. Чем выше степень взаимодействия генотип-среда, тем разнообразнее генетические системы, контролирующие физиологические процессы, обеспечивающие адаптивность растений к разным средам. Относительные вклады эффектов взаимодействия генотип-среда, полученные нами, коррелируют с другими исследованиями [7].

Используя метод расчёта Эберхарта и Рассела, на основе вычисления двух параметров коэффициента линейной регрессии (bi) и дисперсии (σ^2d) можно в определённом смысле судить о линейном оклике генотипа на средовые эффекты. Коэффициент линейной регрессии урожайности сортов bi указывает реакцию генотипа на изменение условий внешней среды. Значением коэффициента больше единицы обладают сорта с большей отзывчивостью к высокому уровню агротехники. Такими сортами являются Кинельская 4, Эритроспермум 3730, Лютесценс 3585 Лютесценс 3645 и Константиновская. При значении показателя пластичности меньше 1 делается вывод, что такие сорта можно возделывать лишь при низком агрофоне и неблагоприятных условиях среды. В случае значений регрессии близким к нулю делается вывод о том, что сорт не реагирует на условия внешней среды.

В дополнение к коэффициенту регрессии рассчитывается дисперсия (среднеквадратическое отклонение) σ^2d . Этот показатель характеризует стабильность генотипа в разных условиях среды. Максимально стабильными являются сорта

Таблица 1. Урожайность и адаптивные свойства сортов озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания за 2012 – 2018 гг.

Фактор А (сорт)	X_{cp} , ц/га	min–max	CV,%	Hom
Поволжская 86	32,6	21,0÷50,9	28,3	11,5
Кинельская 4	29,8	13,7÷49,7	35,6	3,6
Лютесценс 3585	32,6	18,8÷50,0	32,3	8,8
Кинельская 8	33,0	20,0÷51,9	28,9	5,6
Поволжская нива	35,8	22,5÷50,4	29,2	31,2
Лютесценс 3645	32,6	19,0÷47,6	31,5	5,7
Лютесценс 3285	31,8	18,4÷43,4	29,6	2,7
Велютинум 3611	33,6	23,0÷50,0	25,3	14,8
Велютинум 3751	33,4	23,0÷46,0	24,0	14,6
Константиновская	34,9	21,6÷56,8	30,5	9,3
Эритроспермум 3730	37,4	22,3÷62,4	35,2	7,7
X_{cp}	33,4			

Таблица 2. Показатели стабильности сортов озимой пшеницы

Сорт	Eberhart, S.A., W.A. Russell,		Tai, G.C.C.		Стабильность, по С.П. Мартынову
	b_i	σ_d^2	α	λ	H_i
Поволжская 86	0,948	3,76	-0,052	2,741	-0,549
Кинельская 4	1,197	7,53	0,197	7,978	-1,901
Лютесценс 3585	1,088	4,57	0,088	3,572	-0,137
Кинельская 8	0,958	7,04	-0,042	4,822	-0,223
Поволжская нива	0,983	1,68	-0,017	1,145	1,596
Лютесценс 3645	1,063	7,40	0,063	5,152	-0,410
Лютесценс 3285	0,937	19,96	-0,063	13,533	-1,003
Велютиnum 3611	0,822	4,36	-0,178	5,591	0,043
Велютиnum 3751	0,794	3,82	-0,206	6,151	0,189
Константиновская	1,024	4,84	0,024	3,222	0,612
Эритроспермум 3730	1,187	6,19	0,187	6,770	1,779

с числовыми значениями дисперсии близкими к нулю. Наиболее экологичными считаются сорта с невысокой, но стабильной урожайностью зерна в независимости от условий выращивания. Среди изучаемого нами набора сортов озимой мягкой пшеницы наиболее стабильными оказались сорта Поволжская нива ($\sigma^2d=1,68$), Поволжская 86 ($\sigma^2d=3,76$) и Велютиnum 3751 ($\sigma^2d=3,82$).

Расчёт параметров адаптивности по G.C.C. Tai включает в себя изучение генотипической стабильности на основе анализа структурных взаимосвязей. Рассчитываются два параметра: α – линейный отклик сорта на средовые эффекты и λ – отклонение от линейного отклика. Как и при использовании метода Eberhart and Russell стабильными считаются сорта при близких значениях $\alpha = -1$, $\lambda = 1$, способные формировать урожай в контрастных условиях среды, конкурентноспособные в жёстких экономических условиях. Такими сортами в наших исследованиях оказались сорта Велютиnum 3751, Поволжская 86 и Поволжская нива. Следует отметить, из этих трёх сортов наибольшая урожайность за годы проведённых испытаний была отмечена у сорта Поволжская нива. Наибольшее значение показателя $\alpha = 0,187$, оказалось у сорта Эритроспермум 3730, который по методу по G.C.C. Tai считается более требовательным к высокому агрофону.

При отборе максимально адаптированных сортов к разным условиям среды, опираясь только на меры стабильности, предлагаемые Eberhart and Russell и G.C.C. Tai, существует вероятность выбраковки генотипа с максимальной урожайностью и высокой стабильностью среди нестабильных генотипов, но близкими значениями нормы реакции на среду, вносящим значительный вклад во взаимодействие генотип-среда [8]. Для объективной оценки нами применялся метод экологической пластичности по С.П. Мартынову. В основу метода положен расчёт меры стабильности генотипа, т.е. взвешенной суммы ценности признака от значения его в каждом испытании.

Это даёт возможность оценить стабильность генотипа, способного дать высокий потенциальный урожай с минимальным его снижением при возделывании в неблагоприятных условиях. К сортам с высокой стабильностью относятся сорта Лютесценс 3585, Поволжская нива, Велютиnum 3611, Велютиnum 3751, Константиновская и Эритроспермум 3730. Наивысшей стабильностью из них обладает Эритроспермум 3730.

ВЫВОДЫ

Комплекс показателей, полученных в наших исследованиях, в достаточно полном объёме характеризует адаптивность селекционного материала, созданного в условиях Среднего Поволжья. Выделены три группы сортов по отношению к стандарту Поволжская 86. В первую группу вошёл сорт Кинельская 4, который в среднем за годы изучения уступил стандарту по урожайности, 29,8 и 32,6 ц/га. При этом он оказался самым пластичным по S.A. Eberhart и W.A. Russell среди всего изучаемого набора сортов, $b_i=1,197$. Показатель α по G.C.C. Tai также оказался максимальным, $\alpha = 0,197$. Данный сорт был районирован в 1985 году, до сих пор возделывается в северных районах Оренбургской области. Отличается высокой зимостойкостью. Однако менее стабилен по сравнению с Поволжской 86, о чём свидетельствует максимальное значение коэффициента вариации $CV = 35,6\%$ и низкий показатель гомеостатичности $Hom = 3,58$.

Ко второй группе сортов были отнесены Лютесценс 3585, Кинельская 8, Лютесценс 3645, Лютесценс 3285, Велютиnum 3611, Велютиnum 3751, по урожайности достоверно не превышающие стандарт. Следует отметить, что Велютиnum 3611, Велютиnum 3751, уступая стандарту по пластичности, превзошли его по стабильности признака по всем изучаемым параметрам. Вариабельность этих сортов оказалась самой низкой, по сравнению с другими, 25,3 и 24,0% соот-

ветственно. Сортообразцы отличаются лучшим качеством зерна по сравнению со стандартом.

Третью группу составили сорта Константиновская, Поволжская нива и Эритроспермум 3730, достоверно превысившие сорт-стандарт по урожайности за все 7 лет испытаний. Относительно низкий коэффициент вариации среди них (29,2%) отмечен у Поволжской нивы. У сорта оказался самый высокий в опыте уровень гомеостатичности (31,22), что характеризует сорт как высокостабильный. Высокие значения коэффициента линейной регрессии у сортообразцов Константиновская и Эритроспермум 3730, 1,024 и 1,187 соответственно, говорит о высокой отзывчивости сорта к высокому уровню агротехники и его пластичности. Однако, минимальное значение дисперсии в опыте делает сорт Поволжская нива максимально стабильным к различным условиям возделывания. Максимум по методике С.П. Мартынова был отмечен у сортов Поволжская нива ($H_i = 1,596$) и Эритроспермум 3730 ($H_i = 1,779$), что свидетельствует о высоком потенциале продуктивности при создании оптимальных условий возделывания.

Для определения экологических параметров создаваемых сортов нами предлагается использовать метод S. A. Eberhart, W. A. Russell с определённым допущением и обязательным применением дополнительных методик расчёта адаптивности, в частности методики С.П. Мартынова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслова, Г.Я. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от агрометеорологических условий / Г.Я. Маслова, М.Р. Абдраев, И.И. Шарапов, Ю.А. Шарапова // Известия Самарского научного центра РАН. – Т. 20. – № 2(3). – 2018. – С. 455–458.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Ч. 1. – М., 1985. – 269 с.
3. Хангильдин, В.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях / В.В. Хангильдин, С.В. Бирюков // Генетико-цитологические аспекты в селекции с.-х. растений. – 1984. – №1 – С. 67-76.
4. Eberhart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop Science – Vol. 6. – 1966. – №1. – P. 36-40.
5. Tai, G.C.C. Genotypic stability analysis and application to potato regional trials / G.C.C. Tai // Crop Science. – Vol. 11. – 1971. – № 2. – P. 184–190.
6. Мартынов, С.П. Оценка экологической пластичности сортов с.-х. культур / С.П. Мартынов // С.-х. биология. – 1989. – № 3. – С. 124-128.
7. Mohammadi, M. Genotype × environment interaction and yield stability analysis of new improved bread wheat genotypes / M. Mohammadi, R. Karimizadeh, N. Sabaghnia, M.K. Shefazadeh // Turkish Journal of Field Crops. – 2012. – Vol. 7(1). P. 67-73.
8. Кильчевский, А.В. Генетико-экологические основы селекции растений / А.В. Кильчевский // Вестник ВОГиС. 2005. Т. 9. № 4. С. 518-526.

ADAPTABILITY OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE MIDDLE VOLGA REGION

© 2019 G. Y. Maslova, M.R. Abdryaev, I.I. Sharapov, Yu. A. Sharapova

Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov –
Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science
Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Kinel

11 varieties of winter soft wheat were analyzed for yield adaptability using various methods for calculating environmental plasticity and stability in 2012-2018. the Results of two-factor dispersion analysis showed a significant impact on the variability of yield of the environment factor (7 years of testing) - 96.89%, varieties (11 genotypes) – 2.45%, as well as the interaction between them, which is significantly lower, but also reliably-0.65%, at a 5% level of significance. Yields varied greatly depending on growing conditions and varieties from 13.7 C / ha (Kinelskaya 4, 2015) up to 62.4 C / ha (Erythrosperrum 3730, 2017). A low level of variation was observed in the varieties Velutinum 3611, Velutinum 3751 and Povolzhskaya Niva in combination with a high level of homeostaticity. According to the coefficient of linear regression b_i , the most plastic varieties are Kinelskaya 4, Erythrosperrum 3730, Lutescens 3585, Lutescens 3645 and Konstantinovskaya. The varieties Povolzhskaya Niva ($\sigma_{2d}=1.68$), Povolzhskaya 86 ($\sigma_{2d}=3.76$) and Velutinum 3751 ($\sigma_{2d}=3.82$) were stable according to the standard deviation (dispersion). By G. C. C. regression model. Tai stood out varieties Velutinum 3751, Povolzhskaya 86 and Povolzhskaya Niva. The varieties With high stability according to the method of S. P. Martynov include lutescens 3585, Povolzhskaya Niva, Velutinum 3611, Velutinum 3751, Konstantinovskaya and Erythrosperrum 3730. Among all the studied varieties, the most plastic and stable in yield was the variety Povolzhskaya Niva. The variety has a relatively low coefficient of variation (29.2%), the highest level of homeostaticity in the experiment (31.22), a high average yield for the years of research (35.77 C / ha) and the standard deviation according to Eberhart and Russell ($\sigma_{2d}=1.68$).
Keywords: winter wheat, yield, plasticity, adaptability, stability, homeostaticity, dispersion.

Galina Maslova, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Wheat.
Mansur Abdryaev, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Innovative Technologies in Breeding, Seed Production and Seed Science.
E-mail: alcasar@rambler.ru

Ivan Sharapov, Junior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Wheat.
E-mail: scharapov86@mail.ru
Yulia Sharapova, Agronomist-Researcher of Laboratory of Selection and Seed Growing of Winter Wheat.
E-mail: belyaeva.u.a@yandex.ru