

УРОЖАЙНОСТЬ И ПАРАМЕТРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ, СТАБИЛЬНОСТИ
И ГОМЕОСТАТИЧНОСТИ НОВЫХ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ
ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

N.I. Aniskov, P.N. Nikolaev,
P.V. Popolzukhin, I.V. Safonova

THE YIELD AND PARAMETERS OF ECOLOGICAL PLASTICITY, STABILITY AND HOMEOSTATICITY
OF NEW VARIETIES OF SPRING BARLEY IN THE CONDITIONS OF WEST SIBERIAN REGION

Аниськов Н.И. – д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр. Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург. E-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Николаев П.Н. – зав. лаб. селекции ячменя Сибирского НИИ сельского хозяйства СО Россельхозакадемии, г. Омск. E-mail: nikolaevpetr@mail.ru

Поползухин П.В. – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. Сибирского НИИ сельского хозяйства СО Россельхозакадемии, г. Омск. E-mail: sibniish@bk.ru

Сафонова И.В. – канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова, г. Санкт-Петербург. E-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Aniskov N.I. – Dr. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, All-Russian Institute of Plant Growing named after N.I. Vavilov, St. Petersburg. E-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Nikolaev P.N. – Head, Lab. of Barley Selection, Siberian Research Institute of Agriculture, Russian Agricultural Academy, Omsk. E-mail: nikolaevpetr@mail.ru

Popolzukhin P.V. – Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Siberian Research Institute of Agriculture, Russian Agricultural Academy, Omsk. E-mail: sibniish@bk.ru

Safonova I.V. – Cand. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, All-Russian Institute of Plant Growing named after N.I. Vavilov, St. Petersburg. E-mail: i.safonova@vir.nw.ru

В Сибири создание сортов ярового ячменя, обладающих высокой и стабильной урожайностью, является первостепенной задачей. Изучено 12 сортов ячменя селекции Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства в условиях южной лесостепной и степной зон Западно-Сибирского региона. Оценка адаптивного потенциала сортов ячменя проводилась по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку урожайности зерна. Учет – согласно методике ВИР по изучению ячменя. Расчет параметров стабильности, пластичности и гомеостатичности проводили по S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966), В.В. Хангильдину (1977), Э.Д. Нептеевичу (1985), В.А. Драгавцеву (1984). Максимальная урожайность в 2011 году (выше 6,0 т/га) была отмечена в зоне южной лесостепи у сортов: Омский 100, Саша, Подарок Сибири,

Омский 99, в степной зоне – у Омского 100. Минимальная урожайность (1,0 т/га и ниже) – у сортов Сибирский Авангард, Омский голозерный 1 и Омский голозерный 2. В нашем опыте большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания обладают сорта: Омский 100, Сибирский Авангард, Саша, Подарок Сибири, Омский 99, Омский 90, Омский 95. Наиболее стабильными были сорта Омский голозерный 2 и Майский. Майский, Омский голозерный 2, Омский 89 являются сортами экстенсивного типа, а Сибирский Авангард, Омский 100, Омский 99 – интенсивного типа. Максимальная гомеостатичность зафиксирована у сортов: Омский 100, Омский 95, Саша, Омский 99. Превысили стандарт Омский 91 сорта: Омский 100, Саша, Омский 95, Омский 99. Из использованных методов наиболее перспективные – коэффициент мультипликатив-

ности, показатели гомеостатичности и уровня стабильности сортов. Наиболее адаптивными являются сорта: Омский 100, Саша, Омский 99, Омский 95, Подарок Сибири.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, стабильность, пластичность, гомеостатичность, факторы среды, коэффициент вариации, адаптивность, экологические условия, потенциал, селекция, продуктивность, коэффициент регрессии, показатель уровня стабильности сортов.

In Siberia the establishment of spring barley varieties with high and stable yields is of paramount importance. 12 varieties of barley selection were studied by Siberian Research Institute of Agriculture in the conditions of southern forest-steppe and steppe zones of West Siberian region. The assessment of adaptive potential of barley varieties was carried out in the statistical parameters calculated on the basis of grain productivity. The account was made according to VIR technique of barley studying. The calculation of parameters of stability, plasticity and homeostatic ability was carried out according to S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966), V.V. Angelino (1977), E.D. Nettevich (1985), V.A. Dragavtsev (1984). In 2011 the maximum productivity (higher than 6.0 t/hectare) was noted in the zone of southern forest-steppe in the varieties: Omsk 100, Sasha, the Gift of Siberia, Omsk 99, in the steppe zone was in Omsk 100. The minimum yield of 1.0 t/hectare and below was in the varieties of Siberian Vanguard, Omsk Hullless 1 and 2. In our experiment more responsiveness in the improvement of conditions of cultivation had the varieties: Omsk 100, Siberian Vanguard, Sasha, the Gift of Siberia, Omsk 99, Omsk 90 and Omsk 95. The most stable were the varieties Hullless and Omsk 2 May. According to estimates by the method of V.A. Dragavtseva, May, Hullless 2 Omsk, Omsk 89 were varieties of extensive type, and the Siberian Vanguard, 100 Omsk, Omsk 99 were of intensive type. Maximum homeostatic ability was recorded in the varieties: Omsk 100, Omsk 95, Sasha and Omsk 99. From the used methods the most perspective were multiplication coefficient, indicators of homeostasis ability and the stability level of varieties. The most adaptive varieties were Omsk 100, Sasha, Omsk 99, Omsk 95 and the Gift of Siberia.

Keywords: spring barley, variety, yield, stability, plasticity, homeostatic ability, environmental factors, variation coefficient, adaptability, ecological conditions, capacity, selection, productivity, regression coefficient, the indicator of the level of sort's stability.

Введение. Ячмень является основной зернофуражной, продовольственной и технической культурой, с высокой потенциальной продуктивностью и уникальными кормовыми и пищевыми качествами. В сложных условиях Сибири создание и внедрение в производство новых сортов ярового ячменя, обладающих высокой и стабильной урожайностью с хорошими технологическими качествами зерна, являются первоочередной задачей [1, 2].

В Сибирском Прииртышье из включенных в Госреестр РФ рекомендованы для использования сорта ячменя: Омский 90 (2000, медикум), Омский 91 (2004, нутанс), Омский голозерный 1 (2004, нудум), Омский 95 (2006, нутанс), Омский голозерный 2 (2008, целесте), Омский 96 (2008, нутанс), Сибирский Авангард (2010, медикум)[3]. Многие из них сочетают в себе трудносовместимые признаки: высокая урожайность – высокое качество зерна, засухоустойчивость – устойчивость к полеганию наряду с устойчивостью к ряду заболеваний. Тем не менее предстоит дальнейший поиск придания вновь создаваемым сортам большей адаптивности с целью стабилизации урожайности в различных экологических ситуациях.

Бесспорно, что среди изучаемого нами набора сортов наиболее ценными для производителя будут те, которые имеют более высокий уровень урожайности и в то же время меньший размах колебаний этого признака в меняющихся условиях выращивания, то есть будут характеризоваться рядом понятий: пластичность, стабильность, гомеостаз [4].

Стабильность – способность сорта сохранять относительное постоянство признаков при изменении условий среды. Гомеостатичность – способность растений хорошо отзываться на улучшение условий выращивания и слабо или совсем не реагировать на их ухудшение. Пластичность – это реакция сорта на различные условия среды. Пластичность, т.е. способность к

изменчивости признаков, а также стабильность и гомеостатичность их под действием экологических факторов считаются неотъемлемыми свойствами адаптивности [5]. На практике для выявления этих свойств у сортов производят опыты, рассредоточенные во времени (в одном пункте в течение ряда лет) или в пространстве (в нескольких пунктах за один год). Кроме того, для определения реакции сортов можно использовать данное испытание в нескольких пунктах за ряд лет [6].

Акцент на изучение этих показателей сделан неслучайно. У нас в стране и за рубежом созданы новые сорта, превосходящие старые по максимальной урожайности в 1,5–2 раза. Однако возделывание в производстве этих сортов не всегда дает ожидаемый эффект. Подобное положение в определенной мере обусловлено недооценкой признака адаптивности сортов [7].

Цель работы. Оценка продуктивности и адаптивного потенциала новых сортов ячменя селекции СибНИИСХ по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку урожайности зерна.

Материалы и методика проведения исследований. Экспериментальная часть работы проводилась на опытных полях СибНИИСХ (г.Омск) и опорного пункта «Степной» в течение 2011–2015 гг. Агротехника проведения опытов – общепринятая для Западно-Сибирского региона. Площадь делянки 10 м², повторность 4-кратная. Оценки и учеты в этом питомнике вели согласно методике ВИР по изучению коллекции ячменя и овса [8]. Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа [9]. Расчет параметров стабильности, пластичности и гомеостатичности проводили по S.A. Eberhart, W.A. Russell [10], по В.В. Хангильдину [11], по Э.Д. Неттевичу [5], по В.А. Драгавцеву [12].

Результаты исследований и их обсуждение. Формирование урожайности – сложный, многоступенчатый процесс, находящийся под воздействием комплекса внешних факторов. В нашем опыте наблюдались значительные и достоверные различия урожайности сортов в зависимости от года и пункта испытания.

Максимальная средняя урожайность в опыте получена у сорта Омский 100 – 4,1 т/га. Она варьировала от 1,3 т/га в 2012 году на О.П. «Степной» до 6,6 т/га в 2015 году в г. Омске (южная лесостепь). Средняя урожайность по сортам в опыте составила – 3,4 т/га, она менялась от 1,7 до 5,4 т/га.

Средняя минимальная урожайность была отмечена в 2012 г. – 2,1 т/га в южной лесостепной зоне, в степной зоне – в 2015 г. – 1,7 т/га. Средняя максимальная урожайность получена в 2015 году – 5,4 т/га в южной лесостепной зоне, в степной зоне в 2011 году – 4,8 т/га.

Максимальная урожайность (выше 6,0 т/га) была отмечена в зоне южной лесостепи у сортов Омский 100, Саша, Подарок Сибири, Омский 99; в степной зоне у Омского 100 в 2011 году. Минимальная урожайность (1,0 т/га и ниже) у сортов Сибирский Авангард, Омский голозерный и Омский голозерный 2 (табл. 1).

Для оценки адаптивной способности генотипов существует много методов. Наиболее распространенный метод Эберхарта и Расселла, он основан на расчете двух параметров: коэффициента линейной регрессии (b_i) и дисперсии (b^2_d). Первый показывает пластичность сорта на изменение условий выращивания, а второй характеризует стабильность сорта в различных условиях среды. Чем выше значение коэффициента b_i (>1), тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как только в этом случае они дадут максимум отдачи. В нашем опыте большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания обладают сорта: Омский 100, Сибирский Авангард, Саша, Подарок Сибири, Омский 99, Омский 90, Омский 95. В случае $b_i < 1$ сорта реагируют слабее на изменение условий среды. И это Омский 91, Омский 89, Омский голозерный 1, Омский голозерный 2, Майский.

Чем меньше квадратичное отклонение фактических показателей от теоретически ожидаемых – коэффициент стабильности, тем стабильнее сорт. В изучаемом наборе наиболее стабильными были сорта Омский голозерный 2 и Майский. Остальные сорта занимали промежуточное положение (табл. 2).

Таблица 1

Урожайность зерна сортов ярового ячменя селекции СибНИИСХ (2011–2015 гг.), т/га

Сорт	г.Омск (южная лесостепь)					О.П. «Степной» (Степь)					Σy _i сумма	y _i среднее
	Год испытания											
	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015		
Омский 90	4,5	2,4	2,3	3,6	4,7	6,5	1,3	3,1	4,6	1,6	34,6	3,5
Омский 91	4,4	2,4	2,2	3,1	4,6	5,0	1,2	3,6	3,8	1,3	31,6	3,2
Омский 95	5,3	2,2	3,4	3,6	5,8	4,9	1,5	4,4	4,2	1,9	37,2	3,7
Сибирский Авангард	5,5	1,9	2,8	3,1	5,9	4,8	0,9	4,9	3,5	1,7	35,0	3,5
Саша	5,7	2,5	3,2	3,2	6,4	5,8	1,5	5,0	4,0	2,0	39,3	3,9
Подарок Сибири	2,8	1,8	3,4	4,3	6,3	4,3	1,2	5,1	3,2	1,8	37,2	3,7
Омский 100	5,8	2,8	3,5	3,9	6,6	6,4	1,3	4,7	4,0	2,2	41,2	4,1
Омский 89	4,3	1,7	2,7	4,0	5,7	3,9	1,2	3,6	3,6	1,9	32,6	3,3
Омский 99	5,8	1,8	3,4	4,3	6,3	4,3	1,2	5,1	3,2	1,8	37,2	3,7
Омский голозерный 1	3,5	1,7	1,6	3,0	4,2	4,3	1,0	4,4	2,4	1,2	27,3	2,7
Омский голозерный 2	2,0	1,7	1,8	3,4	3,7	3,3	0,8	4,3	2,6	1,3	24,9	2,5
Майский	3,6	1,9	2,4	3,9	4,5	4,0	1,1	3,9	2,8	1,4	29,5	3,0
Σy _i	56,2	24,8	32,7	43,4	64,7	57,5	14,2	52,1	41,9	20,1	407,6	3,4
y _i	4,7	2,1	2,7	3,6	5,4	4,8	1,8	4,3	3,4	1,7		
НСР _{0,5}	0,3 т/га											
l _j	+1,3	-1,3	-0,7	+0,2	+0,2	+1,3	-1,6	+0,9	+0,1	-1,7		

Таблица 2

Параметры пластичности, стабильности, гомеостатичности сортов ярового ячменя селекции СибНИИСХ
г. Омск (южная лесостепь); Омская обл., О.П. «Степной» (степь), 2011–2015 гг.

Сорт	Показатели адаптивности					Ранжирование показателей адаптивности				
	bi	Б d ²	КМ	Ном	Пусс	bi	Б d ²	КМ	Ном	Пусс
Омский 90	1,2	2,1	2,2	0,750	109	7	6	7	4	6
Омский 91	1,0	1,7	2,7	0,760	100	8	4	1	6	9
Омский 95	1,2	2,4	2,1	0,931	143	6	8	9	11	3
Сибирский Авангард	1,4	2,7	2,4	0,712	103	5	9	2	3	8
Саша	1,4	3,0	2,2	0,884	142	3	11	8	10	2
Подарок Сибири	1,4	2,9	2,3	0,785	119	4	10	3	8	5
Омский 100	1,5	3,4	2,3	0,951	161	1	12	4	12	1
Омский 89	1,0	2,1	2,1	0,789	107	9	5	10	9	7
Омский 99	1,4	2,3	2,3	0,782	120	2	7	5	7	4
Омский голозерный 1	1,0	1,4	2,3	0,556	62	10	2	6	2	11
Омский голозерный 2	0,8	0,9	2,1	0,543	56	12	1	11	1	12
Майский	0,9	1,4	2,0	0,750	92	11	3	12	5	10

Согласно S.A. Eberhart, W.A. Russell, коэффициенты линейной регрессии – мера экологической пластичности сортов. Поэтому при его использовании может оказаться, что сорта, имеющие низкий уровень признака, характеризуются и меньшим коэффициентом регрессии, а сорта с высоким уровнем признака имеют больший коэффициент регрессии. Это не означает, что они обладают разными гомеостатическими системами регулирования, это может быть и следствием эффекта шкалы. В.А. Драгавцевым и др. (1985) доказано, что в этом случае более объективной мерой будет коэффициент мультипликативности. Чем выше числовое значение коэффициента, тем сильнее изменяется урожай сорта в различных условиях. В этом случае сорта Майский, Омский голозерный 2, Омский 89 характеризуются слабой реакцией на улучшение условий выращивания, что свойственно сортам экстенсивного и полунтенсивного типа. Сорта Омский 91, Сибирский Авангард, Омский 100, Омский 99, Омский голозерный 1 характеризуются высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания, что свойственно сортам интенсивного типа. Адаптивность сортов Саша, Омский 90, Омский 95 находится на уровне средней пластичности, характерной для этого набора сортов (табл. 2).

С меньшей вариабильностью урожайности в изменяющихся условиях среды В.В. Хангильдин связывал проявление высокой гомеостатичности (Ном). В нашем примере максимальная гомеостатичность зафиксирована у сортов: Омский 100, Омский 95, Саша, Омский 89, Омский 99, Подарок Сибири. Минимальная гомеостатичность отмечена у сортов Омский голозерный 2 и Омский голозерный 1.

При оценке стабильности сорта его хозяйственную ценность в отношении урожайности более полно может характеризовать комплексный показатель, учитывающий одновременно уровень и стабильность урожайности сорта.

В анализируемом нами опыте показатель уровня стабильности урожайности колебался от 56,1 % у Омского голозерного 2 до 161,1% у Омского 100. Достоверно по уровню стабильности и урожайности превысили стандартный сорт Омский 91 сорта: Омский 100, Саша, Омский 95, Омский 99, Подарок Сибири, Омский 90, Омский 89. Уступили стандарту сорта ячменя: Омский голозерный 2, Омский голозерный 1, Майский.

Выводы

1. Рассмотрен ряд методов, позволяющих оценить адаптивность урожайности сортов. Они имеют определенные достоинства и недостатки. Поэтому актуальным является изучение этих методов с целью оценки их перспективности, что позволит дать оценку сортов более точно и, возможно, в более краткий срок.

2. На основе экспериментального материала из использованных методов адаптивности следует обратить особое внимание на коэффициент мультипликативности, показатель гомеостатичности и показатель уровня стабильности сортов.

3. Наиболее адаптивными сортами для возделывания ярового ячменя на зерно в Западно-Сибирском регионе России являются сорта: Омский 100, Саша, Омский 99, Омский 95, Подарок Сибири, способные давать высокую и при этом стабильную урожайность не только в благоприятных, но и контрастных условиях.

Литература

1. *Аниськов Н.И., Поползухин П.В.* Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта). – Омск: ООО «Вариант-Омск», 2010. – 388 с.
2. *Сурин Н.А., Ляхова Н.Е.* Селекция ячменя в Сибири. – Новосибирск, 1999. – 292 с.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: сорта растений / МСХ РФ, ФГУ Государственная комиссия РФ. – М., 2015.
4. *Щербаков В.К.* Эволюционно-генетическая теория биологических систем – гомеостаз, значение для развития теории селекции // Вестник с.-х. науки. – 1981. – № 3. – С. 56–57.
5. *Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И.* Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник с.-х. науки. – 1985. – № 1. – С. 66–73.
6. *Кильчевский А.В., Хотылева Л.В.* Генотип и среда в селекции растений. – Минск: Наука и техника, 1989. – 191 с.
7. *Жученко А.А.* Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). – Кишинев: Штиница, 1990. – 432 с.

8. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. – СПб.: ВИР, 2012. – 63 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 35 с.
10. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. sci. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40.
11. Хангильдин В.В., Асфондиярова Р.Р. Проявление гомеостаза у гибридов гороха посевого // Биологические науки. – 1977. – № 1. – С. 116–121.
12. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1984. – 229 с.
5. Nettevich Je.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Povyshenie jeffektivnosti otbora jarovoj pshenicy na stabil'nost', urozhajnost' i kachestvo zerna // Vestnik s.-h. nauki. – 1985. – № 1. – S. 66–73.
6. Kil'chevskij A.V., Hotyleva L.V. Genotip i sreda v selekcii rastenij. – Minsk: Nauka i tehnika, 1989. – 191s.
7. Zhuchenko A.A. Adaptivnoe rastenievodstvo (jekologo-geneticheskie osnovy). – Kishinev: Shtinica, 1990. – 432 s.
8. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Metodicheskie ukazaniya po izucheniju i sohraneniju mirovoj kollekcii jachmenja i ovsa. – Spb.: VIR, 2012. – 63 s.
9. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). – 6-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 35 s.

Literatura

1. Anis'kov N.I., Popolzuhin P.V. Jarovoj jachmen' v Zapadnoj Sibiri (selekcija, semenovodstvo, sorta). – Omsk: ООО «Variant-Omsk», 2010. – 388 s.
2. Surin N.A., Ljahova N.E. Selekcija jachmenja v Sibiri. – Novosibirsk, 1999. – 292 s.
3. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushhennyh k ispol'zovaniju: sorta rastenij / MSH RF, FGU Gosudarstvennaja komissija RF. – M., 2015.
4. Shherbakov V.K. Jevoljucionno-geneticheskaja teorija biologicheskikh sistem – gomeostaz, znachenie dlja razvitija teorii selekcii // Vestnik s.-h. nauki. – 1981. – № 3. – S. 56–57.
10. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. sci. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40.
11. Hangil'din V.V., Asfondjarova R.R. Projavlenie gomeostaza u gibridov goroha posevnogo // Biologicheskie nauki. – 1977. – № 1. – S. 116–121.
12. Dragavcev V.A., Tsil'ke R.A., Rejter B.G. Genetika priznakov produktivnosti jarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 229 s.

