



УДК 633:1

DOI 10.25230/conf11-2021-205-211

**АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛАСТИЧНОСТИ  
И СТАБИЛЬНОСТИ СОРТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**Николаев П.Н., Юсова О.А.**

ФГБНУ «Омский АНЦ»

nikolaevpetr@mail.ru\_ksanajusva@rambler.ru

Адаптивные сорта ценятся за такие положительные качества, как повышенная выживаемость и продуктивность растений в производстве при сложных климатических



факторах в широком диапазоне условий выращивания. Разработано много различных методов оценки экологической пластичности и стабильности, которые отличаются достоверностью и информативностью. Цель исследований – сравнительная характеристика показателей пластичности и стабильности на примере сортов ячменя, рассчитанных с применением различных методик. Объект исследований – сорта ячменя. Применение нескольких методов позволяет получить более объективные результаты. Для того чтобы полученные данные привести к общему знаменателю, целесообразно использовать метод ранжирования.

Ключевые слова: ячмень, сорт, урожайность, пластичность, стабильность, ранг.

**Введение.** Целенаправленная селекция по созданию и внедрению в производство интенсивных сортов привела к парадоксальным последствиям: несмотря на достигнутый физиологический предел продуктивности основных культур, практическая урожайность реализуется лишь на 30 % от потенциально заложенной [1; 2].

Адаптивные сорта ценятся за такие положительные качества, как повышенная выживаемость и продуктивность растений в производстве при сложных климатических факторах в широком диапазоне условий выращивания [2; 3]. Однако многие компоненты окружающей среды являются нерегулируемыми [4], что обуславливает значительную изменчивость урожайности и ее качества.

Разработано много различных методов оценки экологической пластичности и стабильности, которые отличаются достоверностью и информативностью.

Понятие «стабильность» рассматривается в качестве основной характеристики приспособительных свойств живых организмов.

Под экологической пластичностью сорта подразумевается его биологическая возможность приспосабливаться к условиям среды обитания.

Цель данного исследования – сравнительная характеристика показателей пластичности и стабильности на примере сортов ячменя, рассчитанных с применением различных методик.

Методы исследований. Экспериментальная часть работы проводилась в течении 2011-2019 гг. на опытных полях Омского АНЦ (южная лесостепь, г. Омск). Рассчитаны показатели экологической пластичности сортов ячменя ярового: устойчивость к стрессу ( $Y_{min} - Y_{max}$ ) и компенсаторная способность сорта ( $\frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}$ ) [5], коэффициент вариации (CV) [6], коэффициент адаптивности (К.А.) [7], коэффициент линейной регрессии урожайности сортов ( $b_i$ ) [8]. Также представлены данные расчетов по показателям экологической стабильности сортов: гомеостатичность (Ном) и индекс стабильности (ИС) сортов [9], показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) [10],  $\sigma_a^2$  – степень стабильности реакции [8].

Западная Сибирь – это крупнейший зернопроизводящий регион Российской Федерации. Основные посевы сельскохозяйственных культур данного региона сосредоточены в степной и лесостепной зонах, которые отличаются сильной контрастностью климата и резкими колебаниями метеорологических элементов, что обуславливает значительную изменчивость урожайности и валовых сборов продукции. Характерными показателями условий данного региона является ветреная и сухая весна, жаркое лето, резкие колебания температуры по месяцам и периодам суток. Несмотря на то, что основное количество осадков выпадает в летнее время (50–60 % от среднегодового), расход влаги на физическое испарение в этот период превышает сумму выпавших осадков. Дожди, в основном, агрономически малоценны (менее 5 мм). Среднегодовая температура близка к 0 °С. Температура самого теплого месяца (июль) составляет 18–19 °С.

Периоды исследований с 2011 по 2019 гг. характеризовались контрастными условиями, что подтверждает общие тенденции, перечисленные выше. Так, засушливые условия



наблюдались в 2011, 2012, 2014 и 2017 гг. (ГТК = 0,68...0,94). Оптимальные по влагообеспеченности – 2013, 2015, 2016, 2018 и 2019 гг. (ГТК = 1,06...1,39).

Результаты и обсуждения. Урожайность является основополагающим агрономическим показателем, определяющим результативность любых исследований [11–13]. Это интегральный признак, выражение которого зависит от многочисленных составляющих: абио- и биотических показателей, условий интенсификации земледелия, сортовых особенностей возделываемой культуры. В современных агроэкологических условиях, вследствие недостаточной стрессоустойчивости растений, потенциальная урожайность сельскохозяйственных культур реализуется крайне слабо – от 25 до 40 % [14]. Улучшить данный фактор возможно путем более эффективного использования ресурсовосстанавливающей роли сорта, которая оказывает непосредственное влияние на потенциальную продуктивность, но, в настоящий момент, слабо изучена.

В условиях Западной Сибири, средняя урожайность ярового ячменя составила 4,12 т/га, в среднем за период исследований с 2011 по 2019 гг. (табл. 1.) Минимальная урожайность ярового ячменя наблюдалась в 2012 г. (2,23 т/га в среднем по культуре, при самых низких значениях индекса условий окружающей среды  $I_j = -2,00$ ). Максимальная урожайность составила 5,63 т/га в 2019 г. ( $I_j = 1,57$ ). Таким образом очевидно, что в зависимости от климатических условий периодов вегетации, наблюдается значительное варьирование данного признака. Урожайность стандартного сорта Омский 95 изменялась от 2,11 до 5,31 т/га.

Экологическая пластичность сорта – это приспособляемость сорта к варьирующим факторам окружающей среды.

Одними из показателей экологической пластичности сортов являются устойчивость к стрессу и компенсаторная способность (по А.А. Rossielle, J. Hemblin). Устойчивость генотипов к стрессу имеет отрицательную направленность и чем меньше величина этого показателя, тем выше стрессоустойчивость сорта, то есть шире диапазон его приспособительных возможностей (табл. 1). В связи с этим все изучаемые сорта можно разделить на три группы:

- с высокой стрессоустойчивостью (до -3,1) среди изученных, сортов с подобной характеристикой не наблюдалось;

- со средней (от -3,1 до -3,5) – Омский 90, Омский 91;

- с низкой (более -3,5) – Омский 100, Омский 95, Саша, Омский 99, Сибирский Авангард, Подарок Сибири, Омский 96.

Среднее значение максимальных и минимальных показателей урожайности отражает продуктивность сорта в контрастных условиях, его компенсаторную способность. По этому показателю все изучаемые сорта разделены на 3 группы:

- с высокой компенсаторной способностью: Саша, Омский 100, Подарок Сибири (4,48...4,61);

- со средней – Омский 95, Сибирский авангард, Омский 96 (4,01...4,34);

- с низкой: Омский 99, Омский 91, Омский 90 (4,01...4,34).

Согласно коэффициенту вариации (по Б.А. Доспехову), изменчивость урожайности всех исследуемых сортов высокая ( $CV > 20\%$ ).

Наиболее адаптивны, по методике Л.А. Животкова, сорта Омский 95, Саша, Подарок Сибири, Омский 100. Данные сорта превышали среднесортную урожайность периода исследований на 3,86...18,55%.

Методика S.A. Eberhart и W.A. Russell утверждает, что коэффициент регрессии ( $b_i$ ) определяет степень реакции генотипов на колебания почвенно-климатических условий. Проведенные расчеты позволяют сделать вывод, что наиболее пластичны, среди исследуемых, сорта Сибирский авангард, Саша и Омский 100.

Стабильность сорта определяет его устойчивость в реализации селекционно-генетических свойств генотипа.



**Таблица 1. Урожайность и показатели экологической пластичности сортов ячменя ярового**

Сорт	Урожайность, в среднем за 2011–2019 гг., т/га	Ymin – Ymax	(Ymin+Ymax) / 2	CV	bi	К.А.
Омский 95, st.	4,31	-3,80	4,01	32,75	1,02	103,86
Омский 99	4,08	-4,54	3,52	35,25	1,02	98,31
Омский 91	3,70	-3,32	3,87	38,42	0,83	89,16
Сибирский авангард	4,21	-4,79	4,34	42,93	1,20	101,45
Саша	4,70	-4,02	4,48	32,60	1,30	113,25
Подарок Сибири	4,92	-4,00	5,19	31,43	1,03	118,55
Омский 90	3,73	-3,25	3,48	33,61	0,78	89,88
Омский 96	4,14	-4,07	4,15	36,49	0,89	99,76
Омский 100	4,68	-3,67	4,61	29,05	1,20	112,77
$S_x$	0,20	0,17	0,18	1,38	0,06	3,42

Согласно методике В.В. Хангильдина, повышенная стабильность отмечена у сорта Омский 99 (ИС=19,2), повышенная гомеостатичность – у сортов Подарок Сибири и Омский 100 (НОМ=0,16), табл. 2.

**Таблица 2. Показатели экологической стабильности сортов ячменя ярового**

Сорт	ИС	НОМ	ПУСС, %	$\sigma_d^2$
Омский 95, st.	16,5	0,13	100,0	0,46
Омский 99	19,2	0,12	94,7	1,45
Омский 91	13,7	0,10	85,8	0,41
Сибирский авангард	14,3	0,10	97,7	0,62
Саша	12,5	0,14	109,0	0,18
Подарок Сибири	16,6	0,16	114,2	0,20
Омский 90	13,7	0,11	86,5	0,26
Омский 96	15,5	0,11	96,1	0,28
Омский 100	11,7	0,16	108,6	0,11
$S_x$	0, 8	0,01	3,3	0,14

Рассчитан показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) (Неттевич Э.Д.). Данный критерий выражается в процентах к стандарту и позволяет распределять сорта по их способности сочетать высокую урожайность с минимальным ее снижением в неблагоприятных условиях. Характеризуются повышенным значением данного показателя сорта Саша, Подарок Сибири и Омский 100 (+8,6...14,2 % к st.).

S.A. Eberhart, W.A. Russell предложили использовать дополнительный параметр, характеризующий степень изменчивости сравниваемых сортов, который определяется, как отклонение от линии регрессии. Это степень стабильности реакции ( $\sigma_d^2$ ), которая является важным параметром оценки генотипов в процессе их изучения. Чем ниже  $\sigma_d^2$ , тем меньше различие между теоретическими и практическими показателями качества, а отсюда – более высокая устойчивость данного признака. Таким образом, согласно данному методу, стабильны все исследуемые сорта ( $\sigma_d^2 = 0,11...0,62$ ), кроме сорта Омский 99.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют, что показатели пластичности и стабильности сортов, рассчитанные по различным методикам, неоднозначны.

Так, пластичностью по нескольким методикам характеризуются следующие сорта:

Саша, Омский 100 – по А.А. Rossielle и J. Hemblin; S.A. Eberhart и W.A. Russell; по Л.А. Животкову;

Подарок Сибири – по А.А. Rossielle и J. Hemblin; по Л.А.Животкову;

Также, имеются сорта, на пластичность которых указывают расчеты лишь по одной методике:



Омский 95 – по Л.А.Животкову;

Омский 91 и Омский 90 – по А.А. Rossielle и J. Hemblin;

Сибирский авангард – по S.A. Eberhart и W.A. Russell.

Аналогичная картина наблюдается и по стабильности сортов:

Подарок Сибири и Омский 100 – по В.В. Хангильдину, Э.Д.Неттевичу, S.A. Eberhart и W.A.

Russell;

Саша – по Э.Д.Неттевичу, S.A. Eberhart и W.A. Russell;

О стабильности сорта Омский 95 свидетельствуют расчеты лишь по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell; сорта Омский 91 – по методике В.В. Хангильдина.

На основе проведенных исследований можно предположить, что стабильны и пластичны в условиях Западной Сибири сорта, которые имеют данные характеристики по большинству методов оценки. В нашем случае это сорта Подарок Сибири, Омский 100 и Саша. Но насколько данные выводы обоснованы? Очевидно, что необходимо применение методики, которая позволит привести все полученные разрозненные результаты к единому знаменателю. В этом случае удобнее пользоваться принципом ранжирования сортов по параметрам и оценку проводить по сумме рангов, полученной каждым сортом [15]. Чем меньше сумма рангов изучаемого сорта, тем большую хозяйственную ценность он имеет. Лучшему значению параметра соответствует единица.

Применив к результатам наших исследований ранговую оценку, мы получили следующие результаты: по экологической пластичности превышают стандарт (сумма рангов = 13) сорта Саша и Омский 100 (сумма рангов = 8 и 9), (рис.). Сорт Подарок Сибири характеризуется пластичностью на уровне стандарта.

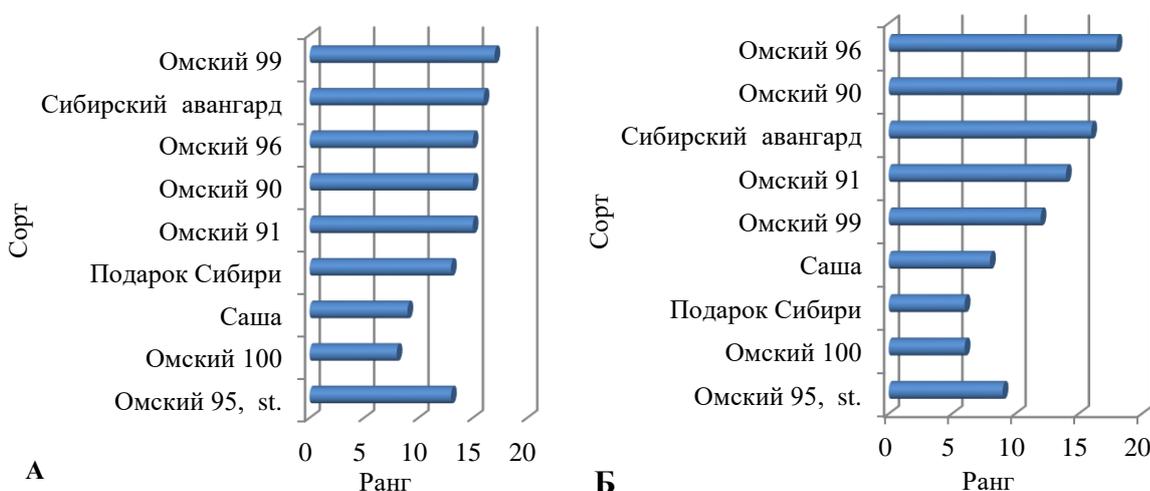


Рисунок – Ранговая оценка сортов ячменя ярового

А – экологическая пластичность, Б – экологическая стабильность

По экологической стабильности стандарт характеризуется суммой рангов на уровне 9. Меньшую сумму рангов (6...8) имели сорта Омский 100, Подарок Сибири и Саша.

Таким образом, согласно проведенной ранговой оценке, наиболее стабильны и пластичны сорта, получившие данную оценку по большинству используемых в исследованиях методов.

**Заключение.** Проведенные исследования позволили установить, что расчет адаптивности сортов одним методом неинформативен, полученные данные могут различаться и противоречить друг другу. Применение нескольких методов позволяет получить более объективные результаты. Для того чтобы полученные данные привести к общему знаменателю, целесообразно использовать метод ранжирования.



Литература

1. Бакулина А.В., Широких И.Г. Подходы к повышению продуктивности и адаптивности ячменя с помощью технологий генетической модификации // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2019. – Т. 20. – № 1. – С. 5–19. doi: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19..
2. Brown L. The great food crisis of 2011 // *Foreign Policy*. – 2011. – № 10. – P. 1–5.
3. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production // *Agronomy*. – 2016. – № 6 (40). doi: 10.3390/agronomy 6030040.
4. Chayka V.M., Rubezhniak I.G., Grib O.G. Effect of Climatic changes on the Productivity of Agrocoenoses and semi-natural forest-steppe ecosystems // *Science and Society*. – 2013. – № 1. – P. 192–201.
5. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // *Crop. Sci.* – 1981. – № 21 (6). – P. 27–29.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. – 350 с.
7. Животков Л.А., Морозова З.А., Секутаева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайность // *Селекция и семеноводство*. – 1994. – № 2. – С. 3–6.
8. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* – 1966. – № 6 (1). – P. 36–40.
9. Хангильдин В.В., Асфондиярова Р.Р. Проявление гомеостаза у гибридов гороха посевного // *Биологические науки*. – 1977. – № 1. – С. 116–121.
10. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // *Вестник сельскохозяйственной науки*. – 1985. – № 1. – С. 66–73.
11. Hill C.B., Li C. Genetic Architecture of Flowering Phenology in cereals and Opportunities for crop Improvement // *Frontiers in Plant Science*. – 2016. – № 7. – P. 1906. doi: 10.3389/fpls.2016.01906.
12. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И. и др. Агробиологическая характеристика многорядных голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2019. – № 180 (1). – С. 37–43. doi: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
13. Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И. и др. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2019. – № 180 (2). – С. 83–88. doi: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
14. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // *Сельскохозяйственная биология*. – 2016. – № 51 (5). – С. 617–626.
15. Важенина О.Е., Козаченко М.Р., Васько Н.И., Наумов А.Г. Экологическая стабильность элементов продуктивности сортов ячменя ярового и эффективность селекции на основе их использования в гибридизации // *Вестник Сумского национального аграрного университета*. – 2013. – № 11. – С. 164–169.
16. Comparing varieties // *Crop. Sci.* – 1966. – Vol. 6. – № 1. – P. 36–40.



**THE ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS FOR EVALUATION OF PLASTICITY  
AND STABILITY OF AGRICULTURAL CROP VARIETIES**

**Nikolaev P.N., Yusova O.A.**

The adaptive varieties are valued for such positive qualities as increased plant survival and productivity in production under difficult climatic factors in a wide range of growing conditions. Many different methods for evaluation environmental plasticity and stability have been developed, which are reliable and informative. The aim of the research is a comparative characteristic of plasticity and stability indicators using the example of barley varieties that were evaluated using various methods. The object of the research is barley varieties. The use of several methods allows getting more objective results. To bring the obtained data to a common denominator, it is advisable to use the ranking method.

Key words: barley, variety, productivity, plasticity, stability, rank.