

УДК 631.527.85

doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.30-33

## Критерий существенности общей адаптивной способности: обоснование метода

**Э.С. Рекашус***ФГБНУ «Смоленская государственная сельскохозяйственная опытная станция им. А.Н. Энгельгардта», п. Стодолище, Смоленская область, Российская Федерация*

*В статье предложен новый статистический критерий для оценки адаптивной способности селекционных достижений. Цель – математически обосновать критерий существенности различий между опытными вариантами по общей адаптивной способности, определяемой в процессе двухфакторного дисперсионного анализа. Предлагаемый критерий, по сути, является наименьшей существенной разностью на заданном уровне значимости между средней урожайностью сорта во всех изучаемых экологических средах (или за все годы наблюдений) и средней урожайностью всех сортов и стандарта во всех экологических средах (за все годы наблюдений). Он рассчитывается как произведение критерия Стьюдента на требуемом уровне значимости и ошибки общей адаптивной способности. Математически обоснована ошибка общей адаптивной способности. Этот показатель является функцией дисперсии ошибки, числа экологических сред (или лет наблюдений), повторности опыта и общего числа наблюдений. Необходимые для ее расчета статистические параметры селекционер может определить в ходе общепринятой статистической обработки двухфакторного опыта по методу Б.А. Доспехова. Критерий позволяет выявить опытные варианты со статистически достоверно низкой, средней и высокой общей адаптивной способностью. Даны условия применимости предлагаемого метода. Перечислены этапы расчета. Данный критерий рекомендуется использовать на завершающих этапах селекционного процесса при селекции на общую адаптивную способность. Также его предлагается использовать в сочетании с другими параметрами адаптивной способности при обоснования пластичности, стабильности и селекционной ценности изучаемых генотипов сельскохозяйственной культуры в зависимости от задач селекционера.*

**Ключевые слова:** статистическая обработка, статистический критерий, наименьшая существенная разность, селекционный номер, сорт

Прежде чем принять решение по выбору того или иного перспективного селекционного номера, селекционеры оценивают его в совокупности различных критериев. По показателю урожайности наиболее распространенным основанием выбора того или иного генотипа является его статистически достоверное превосходство над урожайностью стандарта [1]. Сообщения о результатах оценки параметров адаптивной способности селекционного материала различных культур [2, 3, 4, 5, 6] свидетельствуют, что дополнительным критерием является сравнение испытываемых вариантов между собой по общей адаптивной способности. Расчет этого параметра, как и расчет средней урожайности сорта, основывается на величинах, значения которых в некоторой степени подвержены случайному варьированию (имеется в виду варьирование урожайности по повторениям под влиянием случайных факторов). В связи с этим, определять достоверны ли различия между опытными вариантами по общей адаптивной способности целесообразно с учетом критерия существенности. Из публикаций, где весьма подробно освещаются методы оценки общей адаптивной способности и приводятся числовые примеры [7, 8, 9], можно сделать вывод, что авторы предлагают формулы расчета критериев существенности различий между величинами продуктивности сред, генотипов, эффектов взаимодействия генотипа и среды, а

также отдельных наблюдений. В связи с вышеизложенным, поиск критерия, по которому можно оценить статистическую достоверность различий между генотипами по общей адаптивной способности, является актуальным.

Новизна исследований заключается в том, что впервые предложен статистический критерий для оценки общей адаптивной способности селекционных достижений.

**Цель исследований** – математически обосновать критерий существенности различий между опытными вариантами по общей адаптивной способности.

**Материал и методы.** Исследования выполнены в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Смоленская государственная сельскохозяйственная опытная станция им. А.Н. Энгельгардта» (ФГБНУ Смоленская ГОСХОС). В основе статистической обработки экспериментальных данных и оценки существенности различий между испытываемыми селекционными номерами по продуктивности лежал метод Б.А. Доспехова [10]. Показатель общей адаптивной способности ( $OAC_i$ ) рассчитывали по А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой [8]. Обоснование критерия существенности различий между селекционными номерами по общей адаптивной способности построено на ранее доказанных математических величинах в сочетании со стандартными алгебраическими преобразованиями.

**Результаты и их обсуждение.** Статистическая обработка результатов экологического испытания базируется на дисперсионном анализе двухфакторного опыта, где фактор А – экологическая среда, фактор В – селекционный номер или сорт. С математической позиции (1) общая адаптивная способность  $i$ -го селекционного номера ( $OAC_i$ ) – это разность между средней продуктивностью  $i$ -го селекционного номера во всех изучаемых экологических средах ( $\bar{X}_{B_i}$ ) и средней продуктивностью всех селекционных номеров и стандарта во всех средах (U), т.е.:

$$OAC_i = \bar{X}_{B_i} - U. \quad (1)$$

Средняя продуктивность  $i$ -го селекционного номера во всех экологических средах есть не что иное, как выборочная средняя по фактору В. Поскольку этот показатель опирается на число градаций экологических сред (т.е. число градаций фактора А ( $l_A$ )) и повторность ( $n$ ), то, согласно [10], ошибка выборочной средней по фактору В равна:

$$S_{\bar{X}_B} = \sqrt{\frac{S_Z^2}{l_A \times n}},$$

где  $S_Z^2$  – дисперсия ошибки по результатам дисперсионного анализа.

Средняя продуктивность всех селекционных номеров и стандарта во всех средах называется средней популяционной. Она базируется на числе градаций фактора А ( $l_A$ ), числе градаций фактора В ( $l_B$ ) и повторности  $n$ , т.е. на общем числе наблюдений ( $N$ ). Тогда, ошибка средней популяционной составит:

$$S_{\bar{X}_U} = \sqrt{\frac{S_Z^2}{N}}.$$

Поскольку, согласно [10], ошибка разности двух выборочных средних по фактору В ( $S_{d_B}$ ) равна сумме их ошибок:

$$S_{d_B} = \sqrt{\frac{S_Z^2}{l_A \times n}} + \sqrt{\frac{S_Z^2}{l_A \times n}} = \sqrt{\frac{S_Z^2 + S_Z^2}{l_A \times n}} = \sqrt{\frac{2 \times S_Z^2}{l_A \times n}},$$

то ошибка  $OAC_i$  по аналогичным рассуждениям будет равна сумме ошибки выборочной средней по фактору В и ошибки средней популяционной:

$$S_{OAC_i} = S_{\bar{X}_B} + S_{\bar{X}_U} \text{ или } S_{OAC_i} = \sqrt{\frac{S_Z^2}{l_A \times n}} + \sqrt{\frac{S_Z^2}{N}}.$$

Преобразуем последнюю формулу в рабочий вид. Поскольку:

$$S_{OAC_i}^2 = \frac{S_Z^2}{l_A \times n} + \frac{S_Z^2}{N} = \frac{l_A \times n \times S_Z^2 + N \times S_Z^2}{N \times n \times l_A} = \frac{S_Z^2 \times (l_A \times n + N)}{N \times n \times l_A},$$

то рабочая формула расчета ошибки  $OAC_i$  будет выглядеть следующим образом:

$$S_{OAC_i} = \sqrt{\frac{S_Z^2 \times (l_A \times n + N)}{N \times n \times l_A}}. \quad (2)$$

По Б.А. Доспехову наименьшая существенная разность на уровне значимости 0,05 представляет собой произведение критерия Стьюдента на этом уровне значимости ( $t_{05}$ ) и ошибки разности выборочных средних ( $S_d$ ). В связи с этим наименьшая существенная разность общей адаптивной способности на 5%-ном уровне значимости будет равна:

$$HCP_{OAC_{05}} = t_{05} \times S_{OAC_i}. \quad (3)$$

Величина, рассчитываемая по формуле (3), предлагается в качестве статистического критерия оценки существенности различий по общей адаптивной способности между испытуемыми селекционными номерами, а также стандартом в экологическом или конкурсном сортоиспытаниях. Важные условия применимости методики:

1) число лет испытаний или экологических сред (т.е. градаций фактора А) 3 и более;

2) во всех экологических средах (или во всех испытаниях) должен быть одинаковый стандарт, один и тот же перечень испытуемых вариантов, а также одинаковая повторность.

Таким образом, методика сравнительной оценки общей адаптивной способности селекционных номеров или сортов состоит из следующих этапов:

1) на основе исходных данных выполнить дисперсионный анализ двухфакторного опыта по Б.А. Доспехову;

2) если действие фактора В (селекционный номер, сорт) по критерию Фишера статистически существенно как минимум на 5%-ном уровне значимости, то перейти к следующему этапу, если нет – расчеты прекратить и сделать вывод, что изучаемые генотипы (селекционные номера или сорта) статистически несут существенного влияния на урожайность сельскохозяйственной культуры при данном уровне значимости;

3) из данных дисперсионного анализа определить число лет испытаний (число экологических сред), повторность, общее число наблюдений и дисперсию ошибки;

4) вычислить среднюю урожайность каждого селекционного номера (сорта) и стандарта за все годы исследований (по всем экологическим средам);

5) рассчитать среднюю популяционную;

6) определить  $OAC_i$  для каждого испытуемого селекционного номера и стандарта по формуле (1);

7) по формуле (2) вычислить ошибку  $OAC_i$ ;

8) по формуле (3) рассчитать наименьшую существенную разность общей адаптивной способности на 5%-ном уровне значимости;

9) провести группировку испытуемых селекционных номеров (сортов) и стандарта по величине  $OAC_i$ :  $OAC_i \geq HCP_{OAC_{05}}$  – оцениваемый селекционный номер или стандарт относятся к I группе;  $-1 \times HCP_{OAC_{05}} > OAC_i > HCP_{OAC_{05}}$  – к II группе;  $OAC_i \leq -1 \times HCP_{OAC_{05}}$  – к III группе;

10) выполнить сравнительную оценку общей адаптивной способности: если испытуемый селекционный номер (сорт) или стандарт был отнесен к первой группе, то его общая адаптивная способность статистически существенно высокая на 5%-ном уровне значимости; ко второй – средняя; к третьей – сравнительно низкая.

**Заключение.** Таким образом, предложен критерий, по которому можно оценить достоверность различий между испытуемыми селекционными номерами по показателю общей адаптивной способности. Он представляет собой произведение критерия Стьюдента на требуемом уровне значимости и ошибки общей адаптивной способности. Эта статистическая величина облегчит выбор генотипов, поскольку среди вариантов с близкими значениями селекционной ценности она укажет на те, у которых общая адаптивная способность статистически достоверно высокая. Данный критерий рекомендуется использовать на завершающих этапах селекционного процесса (в конкурсном и экологическом испытаниях). Также его предлагается использовать в соче-

тании с другими параметрами адаптивной способности при обосновании пластичности, стабильности и селекционной ценности изучаемых генотипов сельскохозяйственной культуры в зависимости от задач селекционера.

#### Список литературы

1. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Вып. 1. Общая часть / под общ. ред. М.А. Федина. М., 1985. 269 с.
2. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Характеристика основных параметров среды, урожайность и адаптивная способность сортов ярового ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. №2. С. 17-20.
3. Мухомов С.Я. Динамика адаптивной способности агроценозов томата при применении регуляторов роста // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40. № 1. С. 217-220.
4. Сергеева Л.Б., Шанина Е.П. Общая адаптивная способность и экологическая стабильность сортов картофеля в зависимости от фона минерального питания и зоны возделывания // Агропродовольственная политика России. 2014. № 6 (30). С. 19-22.
5. Катюк А.И., Зубов А.Е., Мадякин Е.В. Урожайность и экологическая пластичность сортов гороха разных морфотипов по периодам сортосмены // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5(3). С. 1131-1134.
6. Дыцкова Т.А., Рекашус Э.С., Прудников А.Д., Конова А.М., Курдакова О.В. Параметры экологической пластичности и стабильности сортообразцов клевера лугового в условиях Смоленской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №11(42). Ч.6. С. 56-60. DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.060.
7. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Методы оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение 1. Обоснование метода // Генетика. 1985. Т. 21. № 9. С. 1481-1490.
8. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Методы оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение 2. Числовой пример и обсуждение // Генетика. 1985. Т. 21. № 9. С. 1491-1498.
9. Савченко В.К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях. Минск: Наука и техника, 1984. 223 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос, 1979. 416 с.

#### Сведения об авторе:

Рекашус Эдуард Сергеевич, кандидат с.-х. наук, и.о. ведущего научного сотрудника,  
e-mail: rekashus@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-9540-2333

ФГБНУ «Смоленская государственная сельскохозяйственная опытная станция им. А.Н. Энгельгардта»,  
ул. Советская, д. 117, п. Стодолище, Починковский район, Смоленская область, Российская Федерация,  
216470, e-mail: gosshos@mail.ru

**The criterion of significance of general adaptive ability****E.S. Rekashus***Smolensk state agricultural experimental station named by A.N. Engelhardt, Stodolishche village, Smolensk region, Russian Federation*

The article presents a method for calculating the statistical criterion for evaluation the adaptive ability of selection achievements. The aim is to provide mathematical background for the criterion of significance of the differences between the experimental variants on the general adaptive ability, which is determined in the process of two-way analysis of variance. Investigations were carried out in the Smolensk State Agricultural Experimental Station named after A.N. Engelhardt. The criterion is the least significant difference at a defined significance level between the average yield of the variety in all studied ecological environments (or for all years of observations) and the average yield of all varieties and the standard in all ecological environments (for all years of observation). It is the multiplication of the Student's t-test at a defined significance level and error of the general adaptive ability. The error of the general adaptive ability was mathematically justified. This parameter is a function of the mean squared error, the number of ecological environments (or years of observations), the repetition of the experiment and the total number of cases. The breeder can determine the necessary parameters for its calculation during the process of two-way analysis of variance according Dospikhov B.A. The criterion helps to determine the experimental variants with statistically significant low, medium and high general adaptive ability. The conditions for successful application of the proposed method are recommended. The calculation procedure is given. This criterion is recommended to use at the final stages of the selection process if it is necessary to isolate a material with a high general adaptive ability. It is also recommended for use in combination with other parameters of adaptive ability for explication the plasticity, stability and breeding value of the studied crop genotypes, if necessary for the breeder.

**Key words:** *statistical processing, statistical criterion, criterion of significance, least significant difference, general adaptive ability, selective number, variety*

**References**

1. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Methods of the state varietal testing of agricultural crops]. Vol. 1. Obshchaya chast'. Pod obshch. red. M.A. Fedina. Moscow, 1985. 269 p.
2. Sapega V.A., Turumbekova G.Sh. *Kharakteristika osnovnykh parametrov sredy, urozhaynost' i adaptivnaya sposobnost' sortov yarovogo yachmenya*. [Characteristic of key parameters of the environment, productivity and adaptive ability of spring barley varieties]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015. Vol. 29. no. 2. pp. 17-20.
3. Mukhortov S.Ya. *Dinamika adaptivnoy sposobnosti agrotsenozov tomatov pri primeneni regulyatorov rosta*. [Dynamics of adaptive ability of the agrocenosis of tomato in the application of growth regulators]. *Plodo-vodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2014. Vol. 40. no. 1. pp. 217-220.
4. Sergeeva L.B., Shanina E.P. *Obshchaya adaptivnaya sposobnost' i ekologicheskaya stabil'nost' sortov karto-felya v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya i zony voz-dehyvaniya*. [General adaptive ability and ecological stability of potato varieties depending on the background of mineral nutrition and cultivation zone]. *Agroproduktivnaya politika Rossii*. 2014. no. 6 (30). pp. 19-22.
5. Katyuk A.I., Zubov A.E., Madyakin E.V. *Urozhaynost' i ekologicheskaya plastichnost' sortov gorokha raznykh morfotipov po periodam sortosmeny*. [Yield productivity and ecological plasticity of pea cultivars of various morphotypes in different periods of varieties change]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2014. Vol. 16. no. 5(3). pp. 1131-1134.
6. Dytskova T.A., Rekashus E.S., Prudnikov A.D., Konova A.M., Kurdakova O.V. *Parametry ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortoobraztsov klevyera lugovogo v usloviyakh Smolenskoj oblasti*. [Parameters of ecological plasticity and stability of the red clover samples in the Smolensk region]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2015. no. 11(42). Part. 6. pp. 56-60. DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.060.
7. Kil'chevskiy A.V., Khotyleva L.V. *Metody otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differen-tsirovushchey sposobnosti sredy. Soobshchenie 1. Obosno-vanie metoda*. [A method for estimation of genotypes adaptive ability and stability, of environment differentiative ability. I. Grounds of the method]. *Genetika*. 1985. Vol. 21. no. 9. pp. 1481-1490.
8. Kil'chevskiy A.V., Khotyleva L.V. *Metody otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differen-tsirovushchey sposobnosti sredy. Soobshchenie 2. Chislennyy primer i obsuzhdenie*. [Methods of estimation of genotypes adaptive ability and stability, of environment differentiative ability. II. Numerical model and discussion]. *Genetika*. 1985. Vol. 21. no. 9. pp. 1491-1498.
9. Savchenko V.K. *Geneticheskii analiz v setevykh probnykh skreshchivaniyakh*. [Genetic analysis in network test crosses]. Minsk: *Nauka i tekhnika*, 1984. 223 p.
10. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta: S osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy*. [Methods of field experience: With the basics of statistical processing of research results]. Moscow: *Kolos*, 1979. 416 p.

**Information about the author:**

E.S. Rekashus, PhD in Agriculture, i/c leading researcher, e-mail: rekashus@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-9540-2333

Smolensk state agricultural experimental station named by A.N. Engelhardt, Sovetskaya st, 117, Stodolishche village, Pochinok district, Smolensk region, Russian Federation, 216470, e-mail: goshos@mail.ru