

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА СОРТА ПО ОДНОМУ ИЛИ НЕСКОЛЬКИМ ПРИЗНАКАМ

<sup>1</sup>Сумина А.В., <sup>2</sup>Полонский В.И.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова», Абакан,  
e-mail: alenasumina@list.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск

**Аннотация.** Цель работы заключалась в разработке и обосновании использования комплексного показателя оценки качества сорта по одному или нескольким признакам. Были проанализированы образцы ячменя ярового, овса ярового и пшеницы мягкой яровой, выращенные в 2021 г. в пяти экологических пунктах, расположенных на территории Восточной Сибири. По признаку «масса 1000 зерен» вычисляли параметры экологической стабильности образцов: показатель уровня и стабильности сорта (ПУСС), параметр гомеостатичности (Hom), показатель селекционной ценности сорта (Cs), фактор стабильности (SF), которые в дальнейшем соотносились с комплексным показателем оценки качества сорта. На основании полученных данных было установлено, что практически все используемые в работе параметры стабильности, включая комплексный показатель оценки качества сорта, по массе 1000 зерен оценивают один и тот же образец овса, ячменя яровых и пшеницы мягкой яровой практически одинаково. Данный комплексный показатель возможно использовать для выполнения сравнительного определения селекционной ценности образцов сельскохозяйственных культур одновременно и по абсолютной величине какого-либо хозяйственно полезного признака, и по уровню адаптивности (стабильности) его проявления в разнообразных экологических условиях. Этот показатель по сравнению с другими имеет преимущество, заключающееся в сравнительной простоте его вычисления, а в силу своей безразмерности может использоваться при выполнении оценки образцов по нескольким селекционным признакам одновременно.

**Ключевые слова:** экологическая адаптивность, масса 1000 зерен, овес, пшеница, ячмень

## A COMPLEX INDICATOR OF THE QUALITY OF A VARIETY ACCORDING TO ONE OR MORE CHARACTERISTICS

<sup>1</sup>Sumina A.V., <sup>2</sup>Polonskiy V.I.

<sup>1</sup>Khakass State University named after N.F. Katanov, Abakan, e-mail: alenasumina@list.ru;

<sup>2</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk

**Annotation.** The purpose of the work was to develop and justify the use of a comprehensive indicator for assessing the quality of a variety based on one or more characteristics. Samples of spring barley, spring oats and soft spring wheat grown in 2021 in five ecological sites located in Eastern Siberia were analyzed. Based on the “mass of 1000 grains”, the parameters of the ecological stability of the samples were calculated: the indicator of the level and stability of the variety (PUSS), the parameter of homeostaticity (Hom), the indicator of the breeding value of the variety (Cs), the stability factor (SF), which were further correlated with the complex indicator of the assessment of the quality of the variety. Based on the data obtained, it was found that almost all stability parameters used in the work, including a comprehensive indicator for assessing the quality of the variety, by weight of 1000 grains, evaluate the same sample of oats, spring barley and soft spring wheat in almost the same way. This complex indicator can be used to perform a comparative determination of the breeding value of crop samples simultaneously by the absolute value of any economically useful feature and by the level of adaptability (stability) of its manifestation in a variety of environmental conditions. This indicator has the advantage over others in the comparative simplicity of its calculation, and due to its dimensionlessness it can be used when evaluating samples for several breeding characteristics at the same time.

**Keywords:** ecological adaptability, weight of 1000 grains, oats, wheat, barley

В настоящее время одной из важнейших задач растениеводства является стабильное проявление элементов продуктивности по годам и географическим пунктам выращивания различных культур [1–3]. Для контрастного климата Восточной Сибири в течение вегетационного периода характерно наличие неблагоприятных факторов внешней среды [4], что приводит к уменьшению стабильности величины урожая и составляющих его элементов у возделываемых здесь сельскохозяйственных растений.

Для выполнения сравнительного определения селекционной ценности образцов сельскохозяйственных культур одновременно и по абсолютной величине какого-либо хозяйственно полезного признака, и по уровню адаптивности (стабильности) его проявления в разнообразных экологических условиях необходим соответствующий обобщенный критерий, своего рода показатель качества сорта. Последний, по видимому, должен обладать следующими характеристиками: 1) наличием в формуле

его вычисления среднего значения признака образца по годам (экологическим пунктам) выращивания; 2) наличием параметра, учитывающего уровень варьирования признака образца по годам (пунктам); 3) наличием соответствия наибольшего значения рассматриваемого показателя качества сорта одновременно близкому к максимальному уровню среднему значению признака образца и близкой к максимальной величине стабильности образца по данному признаку. Кроме того, целесообразно, чтобы: 4) при вычислении предполагаемого показателя отсутствовала необходимость сравнения найденного результата с таковым для сорта-стандарта; 5) показатель качества сорта характеризовался безразмерностью и 6) сравнительной простотой его вычисления.

Цель работы заключалась в разработке и обосновании использования комплексного показателя качества сорта по одному или нескольким признакам.

#### Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования выступали сорта овса ярового (Тубинский, Аргумент, Кросс, Радужный, Саян, Урал 2, Браслет, Сиг, Иртыш 33, Тоболяк), ячменя ярового (Биом, Абалак, Ача, Буян, Емеля, Красноярский 91, Оленек, Такмак, Танай, Эней Уа, Тулунский янтарь, Дивный) и пшеницы мягкой яровой (Алтайская 75, Ветлужанка, Гонец, Красноярская 12, Курагинская 2, Новосибирская 18, Омская 44, Предгорная, Ульгения, Свирель, Лидер 80, Старт, Юнион), выращенные в 2021 г. в пяти экологических пунктах (государственных сортоучастках): Бейский (Республика Хакасия), Каратузский, Краснотуранский, Назаровский (Красноярский край), Пий-Хемский (Республика Тува).

Массу 1000 зерен рассчитывали по методике ГОСТ 12042-80 [5]. По данному признаку зерна вычисляли параметры экологической стабильности образцов: показатель уровня и стабильности сорта ПУСС, параметр гомеостатичности Ном, показатель селекционной ценности сорта Cs, фактор стабильности SF [6, 7].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим с перечисленных выше позиций наиболее часто используемые в литературе показатели экологической адаптивности (стабильности) образцов. В известном показателе «коэффициент вариации Cv», во-первых, существует не прямое,

а обратное соответствие его наибольшего значения максимальной величине стабильности образца по какому-либо селекционно ценному признаку, что является не совсем удобным при сравнении образцов между собой, и, во-вторых, в формуле присутствует стандартное отклонение, что технически усложняет вычисление показателя.

$$Cv = S / M,$$

где Cv – коэффициент вариации (%), M – среднее значение селекционно ценного признака образца, S – стандартное отклонение признака.

В использованном многими авторами для определения уровня адаптивности образца показателе стрессоустойчивости d отсутствует один из двух главных составляющих предполагаемого показателя качества образца – среднее значение селекционно ценного признака, что делает невозможным сравнение образцов, в том числе по величине последнего.

$$d = M_{\min} - M_{\max},$$

где d – показатель стрессоустойчивости образца,  $M_{\min}$  – минимальное значение признака образца,  $M_{\max}$  – максимальное значение признака образца.

Еще один известный параметр адаптивности образца – это показатель гомеостатичности Ном:

$$\begin{aligned} \text{Ном} &= M / Cv * d = \\ &= M * M / S * d = M^2 / S * d, \end{aligned}$$

где Ном – показатель гомеостатичности образца, Cv – коэффициент вариации (%), M – среднее значение селекционно ценного признака образца, S – стандартное отклонение признака, d – показатель стрессоустойчивости образца.

В данном показателе можно выделить три особенности: 1) наличие среднего значения признака во второй степени, а стандартного отклонения, характеризующего его стабильность, – в первой, что дает преимущества количественной выраженности признака по сравнению с уровнем стабильности образца по нему; 2) показатель Ном не является безразмерным, что делает не совсем удобным сравнение показателей образцов по разным признакам; 3) наличие стандартного отклонения, что технически усложняет вычисление показателя.

В описанном в литературе показателе «фактор стабильности SF» отсутствует один из двух главных составляющих – среднее значение признака, что дает преимущества

параметру уровень стабильности образца по нему по сравнению с количественной выраженностью признака.

$$SF = M_{\min} / M_{\max},$$

где SF – фактор стабильности образца по какому-либо селекционно ценному признаку;  $M_{\min}$  – минимальное значение признака образца,  $M_{\max}$  – максимальное значение признака образца.

Другой известный параметр адаптивности (стабильности) образца – это показатель уровня и стабильности сорта ПУСС:

$$\text{ПУСС} = M_2 / C_v = M_3 / S,$$

где ПУСС – показатель уровня и стабильности сорта (%),  $M$  – среднее значение селекционно ценного признака образца,  $S$  – стандартное отклонение признака.

Он характеризуется: 1) наличием среднего значения признака не в первой, а в третьей степени, что дает преимущества среднему значению признака по сравнению с уровнем стабильности образца по нему; 2) отсутствием безразмерности показателя, что делает не совсем удобным сравнение показателей по разным признакам; 3) наличием стандартного отклонения, что усложняет технически вычисление показателя.

В используемом в литературе показателе «селекционная ценность сорта»  $C_s$  размерность показателя совпадает с таковой признака, что делает не совсем удобным сравнение показателей для разных признаков.

$$C_s = M (M_{\min} / M_{\max}),$$

где  $C_s$  – селекционная ценность сорта,  $M$  – среднее значение селекционно ценного признака образца,  $M_{\min}$  – минимальное значение признака образца,  $M_{\max}$  – максимальное значение признака образца.

Последний из рассмотренных показателей  $C_s$  можно легко модифицировать, заменив отношение  $(M_{\min} / M_{\max})$  на их разность  $(M_{\max} - M_{\min})$ , что фактически представляет собой показатель стрессоустойчивости  $d$  с обратным знаком. Тогда получится упрощенная формула для вычисления показателя качества образца. Если ценность образца состоит в максимальном значении селекционного признака образца и максимальной величине стабильности образца по данному признаку, то формула для вычисления показателя качества образца выразится так:

$$\text{КПК} = M / (M_{\max} - M_{\min}), \quad (1)$$

где КПК – комплексный показатель качества образца по какому-либо селекционно

ценному признаку,  $M$  – среднее значение признака образца по годам (экологическим пунктам) его выращивания,  $M_{\max}$  и  $M_{\min}$  – соответственно наибольшее и наименьшее значения признака образца по годам (пунктам).

Так как в знаменателе формулы стоит выражение разности, то при теоретически возможном равенстве максимального значения признака минимальному (что на практике невозможно) и обращении разности в ноль значение КПК будет равно бесконечности. Поэтому в формулу для вычисления КПК следует ввести условие ограничения, а именно:  $M_{\max} \neq M_{\min}$ .

Поскольку в таком модифицированном показателе качества образца присутствует и среднее значение признака, и уровень стабильности образца по нему, а также он вполне удовлетворяет всем другим условиям, сформулированным выше (соответствие, безразмерность, простота вычисления), то его можно считать приемлемым для выполнения сравнительной оценки образцов, обозначив, как «Комплексный показатель качества, КПК» образца по какому-либо его селекционному признаку, например по содержанию ценных веществ, уровню пленчатости зерна, массе 1000 зерен, продолжительности вегетационного периода и др.

Можно видеть, что при сравнительной оценке различных образцов между собой по какому-либо селекционному признаку максимальная величина КПК конкретного образца будет свидетельствовать о наилучшем сочетании величины и стабильности признака одновременно, то есть о близком к наибольшему среднему уровню признака у этого образца, и о близкой к наибольшему значению стабильности образца по признаку (наименьшему размаху значений признака). Представляется, что КПК является простым вычисляемым безразмерным показателем сравнительной ценности образца по какому-либо его селекционному признаку.

В случае проведения оценки образца по нескольким ценным признакам, формула (1) будет соответственно выглядеть так:

$$\text{ОКПК} = M_1 / (M_{\max} - M_{\min})_1 + M_2 / (M_{\max} - M_{\min})_2 + M_3 / (M_{\max} - M_{\min})_3, \quad (2)$$

где ОКПК – объединенный комплексный показатель качества образца по селекционным признакам 1, 2, 3 и т.д.,  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  – среднее значение перечисленных признаков 1, 2, 3 образца по годам (экологическим пунктам) его выращивания.

Таблица 1

Показатели экологической стабильности по массе 1000 зерен образцов овса ярового, ячменя ярового и пшеницы мягкой яровой

Название образца	Показатели стабильности				
	Ном	ПУСС, %	Cs	SF	КПК
<b>Овес яровой</b>					
Тубинский (ст)	0,91	100,0	29,0	0,85	6,1
Аргумент	1,12	156,2	34,0	0,86	6,5
Кросс	1,22	167,4	35,7	0,87	7,1
Радужный	0,87	123,8	31,6	0,84	5,7
Саян	1,06	123,5	30,9	0,85	6,5
Урал 2	0,43	79,9	30,7	0,80	4,5
Браслет	0,25	57,8	25,8	0,70	3,4
Сиг	0,35	52,1	24,6	0,77	4,0
Иртыш 33	0,28	76,7	29,6	0,74	3,5
Тоболяк	0,43	72,6	26,1	0,77	3,9
<b>Ячмень яровой</b>					
Биом (ст)	0,16	100,0	33,4	0,68	2,5
Абалак	0,14	85,4	30,9	0,67	2,4
Ача	0,09	61,7	27,9	0,61	1,9
Буян	0,08	66,0	27,3	0,59	1,8
Емеля	0,15	57,6	26,6	0,68	2,6
Красноярский 91	0,20	70,9	27,4	0,70	2,8
Оленек	0,07	55,3	26,0	0,59	1,7
Такмак	0,08	61,0	28,3	0,59	1,8
Танай	0,10	69,7	28,5	0,62	2,1
Эней Уа	0,07	65,3	26,2	0,55	1,6
Тулунский янтарь	0,14	70,5	27,9	0,66	2,4
Дивный	0,08	61,0	25,7	0,57	1,8
<b>Пшеница мягкая яровая</b>					
Алтайская 75 (ст)	0,13	100,0	25,3	0,64	2,3
Велужанка	0,09	82,3	22,5	0,61	1,8
Гонец	0,13	105,5	24,4	0,64	2,1
Красноярская 12	0,13	99,0	27,0	0,66	2,5
Курагинская 2	0,12	103,2	26,2	0,66	2,2
Новосибирская 18	0,08	67,4	19,6	0,55	1,7
Омская 44	0,14	87,6	24,2	0,66	2,4
Предгорная	0,10	96,8	24,0	0,57	2,0
Ульгения	0,13	89,4	24,3	0,65	2,3
Свирель	0,10	86,2	23,3	0,58	2,0
Лидер 80	0,09	97,7	25,0	0,58	1,9
Старт	0,22	120,7	26,8	0,73	2,9
Юнион	0,20	118,1	26,8	0,53	3,1

Выполним вычисления рассмотренных показателей стабильности по массе 1000 зерен для образцов трех зерновых культур, выращенных в 2021 г. Расчетные данные представлены в табл. 1. Из приведенных результатов можно видеть, что у овса ярового

по уровню стабильности заметно опередил всех образец Кросс, для ячменя ярового было характерно выделение образцов Биом и Красноярский 91, среди пшениц мягких яровых к лидерам следует отнести образец Старт.

Таблица 2

Результаты ранжирования образцов овса ярового, ячменя ярового и пшеницы мягкой яровой по показателям их стабильности по массе 1000 зерен

Название образца	Значения рангов по показателям					Сумма рангов
	Ном	ПУСС	Cs	SF	КПК	
Овес яровой						
Тубинский (ст)	4,0	5,0	7,0	3,5	4,0	23,5
Аргумент	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	10,5
Кросс	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0
Радужный	5,0	3,0	3,0	5,0	5,0	21,0
Саян	3,0	4,0	4,0	3,5	2,5	17,0
Урал 2	6,5	6,0	5,0	6,0	6,0	29,5
Браслет	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	48,0
Сиг	8,0	10,0	10,0	7,5	7,0	42,5
Иртыш 33	9,0	7,0	6,0	9,0	9,0	40,0
Тоболяк	6,5	8,0	8,0	7,5	8,0	38,0
Коэффициент корреляции	0,97*	0,97*	0,91*	0,97*	0,97*	-
Ячмень яровой						
Танай	6,0	5,0	3,0	6,0	6,0	26,0
Тулунский янтарь	4,5	4,0	5,5	5,0	4,5	23,5
Биом (ст.)	2,0	1,0	1,0	2,5	3,0	9,5
Абалак	4,5	2,0	2,0	4,0	4,5	17,0
Буян	9,0	6,0	8,0	9,0	9,0	41,0
Дивный	9,0	9,5	12,0	11,0	9,0	50,5
Емеля	3,0	11,0	9,0	2,5	2,0	27,5
Красноярский 91	1,0	3,0	7,0	1,0	1,0	13,0
Оленек	11,5	12,0	11,0	9,0	11,0	54,5
Такмак	9,0	9,5	4,0	9,0	9,0	40,5
Эней Уа	11,5	7,0	10,0	12,0	12,0	52,5
Ача	7,0	8,0	5,5	7,0	7,0	34,5
Коэффициент корреляции	0,95*	0,76*	0,79*	0,92*	0,92*	-
Пшеница мягкая яровая						
Алтайская 75 (ст)	5,5	5,0	5,0	6,5	5,5	27,5
Ветлужанка	11,5	12,0	12,0	8,0	12,0	55,5
Гонец	5,5	3,0	7,0	6,5	8,0	30,0
Красноярская 12	5,5	6,0	1,0	3,0	3,0	18,5
Курагинская 2	8,0	4,0	4,0	3,0	7,0	26,0
Новосибирская 18	13,0	13,0	13,0	12,0	13,0	64,0
Омская 44	3,0	10,0	9,0	3,0	4,0	29,0
Предгорная	9,5	8,0	10,0	11,0	9,5	48,0
Ульгенья	5,5	9,0	8,0	5,0	5,5	33,0
Свирель	9,5	11,0	11,0	9,5	9,5	50,5
Лидер 80	11,5	7,0	6,0	9,5	11,0	45,0
Старт	1,0	1,0	2,5	1,0	2,0	7,5
Юнион	2,0	2,0	2,5	13,0	1,0	20,5
Коэффициент корреляции	0,91*	0,84*	0,90*	0,65*	0,93*	-

Примечание: \*Значения коэффициентов корреляции являются статистически значимыми по t-критерию при  $p \leq 0,05$ .

Анализ данных табл. 2 позволяет говорить, что в большинстве случаев имеет место совпадение результатов ранжирования образцов по уровню их стабильности по массе 1000 зерен, вычисленных на базе разных показателей, включая рассматриваемый в настоящей работе комплексный показатель качества образца КПК. Это подтверждается существенными значениями всех коэффициентов корреляции между рангами по отдельным параметрам стабильности и суммой рангов. Следует подчеркнуть, что значение таких коэффициентов для показателя КПК не было ниже, чем у всех других рассматриваемых здесь параметров стабильности. Исключение составил лишь показатель *Нот* у ячменя ярового.

### Заключение

На основании изложенного можно предположить, что практически все используемые в работе параметры стабильности, включая КПК, по массе 1000 зерен оценивают один и тот же образец овса ярового, ячменя ярового и пшеницы мягкой яровой практически одинаково. При этом показатель КПК по сравнению с другими имеет преимущество, заключающееся в соответствии его и абсолютному значению какого-либо селекционно ценного признака образца, и уровню его стабильности по данному признаку, а также простоте его вычисления.

Таким образом, предложенный для сравнительной оценки образцов комплексный показатель качества КПК включает в себя

одновременно и абсолютную величину изучаемого признака, и значение экологической стабильности образца по этому признаку, характеризуется сравнительной простотой вычисления и в силу своей безразмерности может использоваться при выполнении оценки образцов по нескольким селекционным признакам одновременно.

### Список литературы

1. Кузьменко Н.В., Муругова Г.А., Клыков А.Г., Коновалова И.В. Продуктивность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в условиях Приморского края // *Аграрная наука*. 2023. № 9. С. 79–83.
2. Сапега В.А., Турсумбекова Г.С. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. Т. 21, № 2. С. 114–123.
3. Волкова Л.В. Новые сорта яровой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока // *Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве*. 2022. С. 47.
4. Сурин Н.А., Герасимов С.А., Бобровский А.В., Крючков А.А. Разработка элементов сортовой агротехники зерновых культур в Красноярском крае // *Земледелие*. 2021. № 7. С. 22–25.
5. Дьяченко Е.Н. Продуктивность ярового ячменя при длительном применении извести и минеральных удобрений в плодосменном севообороте в условиях Прибайкалья // *Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири*. 2023. С. 318–322.
6. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта*. М.: Колос, 1985. 336 с.
7. Полонский В.И., Герасимов С.А., Сумина А.В. Пластичность и стабильность образцов пленчатого ячменя по содержанию β-глобулинов в зерне и его крупности в условиях Красноярской лесостепи // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2022. № 4 (181). С. 53–61.