

УДК 631.527.85+633.321:631.421.1

doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.34-39

Критерий существенности общей адаптивной способности: числовой пример

Э.С. Рекашус, О.В. Курдакова

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

Цели исследований: 1) привести пример расчета критерия при оценке сбора воздушно-сухого вещества нового сорта клевера лугового (*Trifolium pratense L.*) Починковец в конкурсном сортоиспытании; 2) сопоставить общую адаптивную способность (OAC) селекционного достижения с другими общепринятыми показателями оценки. Исходные данные получены с 2013 по 2015 гг. в селекционном севообороте Смоленской государственной сельскохозяйственной опытной станции имени А.Н. Энгельгардта (Смоленская ГОСХОС). Почва опытных участков дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая, со среднекислой реакцией, низким содержанием гумуса, высоким – подвижного фосфора и средним – подвижного калия. Метеорологические условия зимой изменялись от благоприятных до способствующих разрушению снежного покрова с последующим воздействием низких отрицательных температур. Вегетационные периоды характеризовались повышенной температурой и варьированием режима увлажнения от оптимального до слабо засушливого. В конкурсном испытании изучали 4 селекционных номера: сорт Починковец (С-434), С-439, Р-4 (Смоленская ГОСХОС) и №359 (Франция). Стандартом был сорт Смоленский 29. Наименьшая существенная разность OAC на уровне значимости 0,05 была равна 0,49 т/га воздушно-сухого вещества, что позволило выделить два селекционных номера С-434 (Починковец) и №359 (OAC 0,92 и 0,83 т/га воздушно-сухого вещества соответственно). OAC стандартата составила – 1,01 т/га (достоверно низкая). С-434 (Починковец) был более стабильным, чем №359. Его специфическая адаптивная способность, равная 3,30, была ниже, чем у №359 (5,05). В связи с этим селекционная ценность генотипа С-434 (Починковец), равная 4,88, была выше, чем у №359 (3,00). По результатам конкурсного испытания новый сорт Починковец был передан на государственное сортоиспытание. В 2018 году включен в Государственный реестр селекционных достижений. Таким образом, в процессе селекции клевера лугового был успешно апробирован новый статистический критерий.

Ключевые слова: статистический критерий, наименьшая существенная разность, новый сорт, клевер луговой

В селекционной работе окончательному выбору сорта для передачи на государственное испытание предшествует многолетняя оценка различных селекционных номеров по ряду хозяйствственно ценных признаков. По обзору современных публикаций, в которых сообщается о достижениях в селекции клевера лугового [1, 2, 3, 4], можно сделать вывод, что основным признаком выбора селекционных номеров по показателю урожайности является их превосходство над урожайностью стандарта. А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева [5] предложили оценивать селекционные достижения несколькими показателями, в том числе по общей адаптивной способности, т.е. по величине отклонения хозяйствственно ценного признака одного сорта от среднего значения этого признака у всего набора изучаемых сортов во всех средах. Они отметили, что пока отсутствуют методы оценки данного параметра. В связи с этим был разработан критерий существенности различий по общей адаптивной способности, пример расчета которого предлагается в настоящей статье.

Новизна исследований состоит в том, что впервые апробирован статистический критерий для оценки общей адаптивной способности в процессе выведения нового сорта клевера лугового Починковец.

Цель исследований – проиллюстрировать применение критерия существенности различий между опытными вариантами по общей адаптивной способности на примере оценки сбора воздушно-сухого вещества нового сорта клевера лугового Починковец в конкурсном сортоиспытании. Сопоставить общую адаптивную способность нового селекционного достижения с другими общепринятыми показателями оценки.

Материал и методы. Данные получены по результатам двух циклов конкурсного сортоиспытания. Первый цикл был заложен в 2012 г., второй – в 2013 г. в селекционном севообороте Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Смоленская государственная сельскохозяйственная опытная станция им. А.Н. Энгельгардта» (ФГБНУ Смоленская ГОСХОС). Исследования выполняли с 2013 по 2015 гг. согласно методическим рекомендациям [6, 7, 8]. Повторность опытов четырехкратная, размещение вариантов систематическое последовательное. Подготовка почвы была общепринятой для Нечерноземья. Удобрения не применяли. Предшественником для изучаемой культуры в 2012 г. были зерновые, в 2013 г. – лен-долгунец. Посев рядовой, вручную с шириной междурядий 20 см под покров яровых зерно-

вых культур. Норма высева 10 млн всхожих семян на 1 га. В 2013 и 2014 гг. использование травостоев двуукосное, в 2015 г. – одноукосное. Первое скашивание – в начале цветения, второе – в начале цветения или достижения высоты травостоя более 20 см, но не позднее 30 дней до окончания вегетации. Учетная площадь делянки 10 м². В конкурсном испытании изучали 4 номера: сорт Починковец (под селекционным номером С-434), С-439 и Р-4 (Смоленская ГОСХОС), №359 (Франция). Стандартом служил сорт Смоленский 29.

Статистическую обработку полученных данных и оценку существенности различий между испытуемыми селекционными номерами по урожайности воздушно-сухого вещества выполняли по Б.А. Доспехову [9]. Коэффициент регрессии генотипа на среду (b_i) определяли по S.A. Eberhart и W.A. Russell [10]. Показатели общей адаптивной способности (OAC_i), специфической адаптивной способности (CAC_i), относительной стабильности (S_{gi}) и селекционной ценности ($СЦГ_i$) рассчитывали по А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой [11]. Критерий существенности различий между селекционными номерами по общей адаптив-

ной способности вычисляли по собственной методике, математическое обоснование которой дано ранее.

Почва опытных участков дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая. Содержание гумуса 2,34%, рН_{KCl} 4,9, подвижного фосфора – 232 мг/кг, подвижного калия 102 мг/кг. По сведениям ближайшей метеостанции^{1,2} метеорологические условия зимой 2012-2013 гг. были благоприятными (высота снежного покрова на третью декаду февраля составляла 22-23 см при среднесуточной температуре не ниже -8°C). В условиях зим 2013-2014 гг. и 2014-2015 гг. снежный покров был невысоким, до 5-15 см. Были бесснежные периоды, когда температура опускалась до минус 9-15°C. Сумма активных температур за период вегетации в 2013 г. составила 2500°C, в 2014 г. – 2300°C, в 2015 г. – 2400°C при среднемноголетнем значении 2100-2200°C. В целом, вегетационный период 2013 г. был благоприятным по увлажнению (ГТК 1,4), а 2014 и 2015 гг. – слабо засушливыми (ГТК 1,2 и 1,0 соответственно).

Результаты и их обсуждение. Исходные данные двух циклов конкурсного испытания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сбор воздушно-сухого вещества по экологическим средам, т/га

Фактор A (год испытаний)	Фактор B		Данные по повторениям			
	i	селекционный номер	1	2	3	4
2013 г. (в сумме за 2 укоса)	1	Смоленский 29 (st)	7,25	8,55	7,93	8,90
	2	Починковец (С-434)	8,09	8,65	8,99	10,99
	3	С-439	10,01	9,27	11,32	10,80
	4	№359	13,00	11,48	12,34	14,29
	5	Р-4	8,70	8,09	9,90	10,60
2014 г. (в сумме за 2 укоса)	1	Смоленский 29 (st)	6,38	6,97	8,36	7,93
	2	Починковец (С-434)	11,24	11,03	11,31	10,44
	3	С-439	9,53	7,37	7,83	6,56
	4	№359	9,05	8,77	8,65	9,32
	5	Р-4	9,24	7,15	8,43	8,53
2015 г. (1 укос)	1	Смоленский 29 (st)	2,33	3,18	4,17	3,83
	2	Починковец (С-434)	4,82	4,18	5,10	4,18
	3	С-439	2,89	1,76	2,42	2,39
	4	№359	2,45	2,74	3,00	2,78
	5	Р-4	3,92	3,55	3,40	3,40

¹Архив погоды в Рославле [Электронный ресурс]. URL: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=26882&lang=ru (дата обращения: 08.08.2017).

²Погода в Рославле [Электронный ресурс]. URL: http://meteocenter.net/26882_fact.htm (дата обращения: 08.08.2017).

По Б.А. Доспехову выполнили стандартную статистическую обработку двухфакторного опыта. Для дальнейших расчетов определили, что $l_A = 3$; $l_B = 5$; $n = 4$; $N = 3 \times 5 \times 4 = 60$. Результаты дисперсионного анализа даны в таблице 2. Поскольку фактический критерий Фишера по фактору В больше теоретического на уровне значимости 5%, сделали вывод, что влияние генотипа (фактора В) на сбор воздушно-сухого вещества клевера лугового статистически существенно. По данным таблицы 2 определили $S^2_Z = 0,59$. Для расчета общей адаптивной способности сравниваемых

селекционных номеров вычислили соответствующие выборочные средние по фактору В и среднюю популяционную. Например, для стандарта Смоленский 29 выборочная средняя по фактору В была равна:

$$\bar{X}_{B_1} = \frac{7,25 + 8,55 + \dots + 6,38 + 6,97 + \dots + 4,17 + 3,83}{3 \times 4} = \\ = \frac{75,78}{12} = 6,32 \text{ т/га.}$$

У остальных номеров этот показатель составил: $\bar{X}_{B_2} = 8,25$ т/га, $\bar{X}_{B_3} = 6,85$ т/га, $\bar{X}_{B_4} = 8,16$ т/га, $\bar{X}_{B_5} = 7,08$ т/га.

Таблица 2
Итоговые данные дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов отклонений	Степени свободы	Средний квадрат S^2	F_ϕ	$F_{0,05}$
Общая	620,02	59	-	-	-
Повторений	5,88	3	-	-	-
По фактору А	496,74	2	248,37	421,73	3,22
По фактору Б	34,33	4	8,58	14,57	2,59
Взаимодействия АБ	58,34	8	7,29	12,38	2,17
Остаток (ошибки)	24,73	42	0,59	-	-

Определили среднюю популяционную:

$$U = \frac{7,25 + 8,55 + \dots + 3,40 + 3,40}{60} = \\ = \frac{439,73}{60} = 7,33 \text{ т/га.}$$

Вычислили общую адаптивную способность селекционных номеров. Например, для Смоленского 29 $OAC_1 = 6,32 - 7,33 = -1,01$ т/га, у других она составила соответственно: $OAC_2 = 0,92$ т/га, $OAC_3 = -0,48$, $OAC_4 = 0,83$, $OAC_5 = -0,25$ т/га.

Определили ошибку общей адаптивной способности:

$$S_{OAC_i} = \sqrt{\frac{0,59 \times (3 \times 4 + 60)}{60 \times 4 \times 3}} = \sqrt{\frac{0,59 \times 72}{720}} = \\ = \sqrt{\frac{42,48}{720}} = \sqrt{0,059} = 0,24.$$

Критерий Стьюдента на уровне значимости 0,05 и при 42 степенях свободы для дисперсии ошибки (табл. 2) равен: $t_{0,05} = 2,02$. Наименьшая существенная разность общей адап-

тивной способности на 5%-ном уровне значимости составила: $HCP_{OAC_{0,05}} = 2,02 \times 0,24 = 0,48$ т/га.

Группировка селекционных номеров по общей адаптивной способности на 5%-ном уровне значимости проиллюстрирована на рисунке. К группе I со статистически существенно высокой общей адаптивной способностью отнесен новый сорт Починковец (С-434) и №359. Во II группу вошел Р-4, следовательно, он характеризовался средним значением рассматриваемого показателя, а его продуктивность на данном уровне значимости от средней популяционной отличалась несущественно. Низкой общей адаптивной способностью были отмечены селекционные номера С-439 и Смоленский 29. Сбор воздушно-сухого вещества в этих вариантах был достоверно ниже средней популяционной при $P = 0,05$. Таким образом, мы видим, что благодаря данному методу статистической оценки, можно охарактеризовать урожайность не только испытуемых селекционных номеров, но и стандарта, чего нельзя сделать при общепотребительном методе Б.А. Доспехова.

По А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой селекционное достижение считается ценным, если помимо высокой средней урожайности оно обладает ее высокой стабильностью по годам. В связи с этим мы проанализировали

изменение сбора воздушно-сухого вещества испытуемых селекционных номеров по экологическим средам, рассчитав дополнительные показатели адаптивной способности и стабильности (табл. 3).

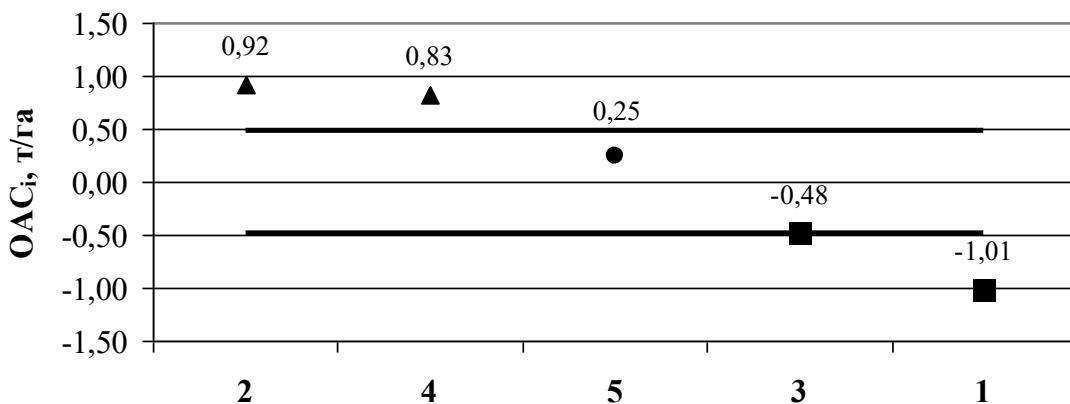


Рис. Распределение общей адаптивной способности испытуемых селекционных номеров по группам НСР₀₅: ▲ – I, ● – II, ■ – III; обозначения селекционных номеров: 1 – Смоленский 29 (st); 2 – Починковец (С-434); 3 – С-439; 4 – №359; 5 – Р-4

Таблица 3

Величины адаптивной способности и стабильности селекционных номеров

Селекционный номер	CAC _i	S _{gi} , %	b _i	СЦГ _i
Смоленский 29 (st)	2,55	40,41	0,73	3,71
Починковец (С-434)	3,30	40,01	0,84	4,88
С-439	4,07	59,44	1,15	2,70
№359	5,05	61,97	1,41	3,00
Р-4	3,06	43,27	0,87	3,95

Самым нестабильным за 3 года испытаний был селекционный номер №359 (максимальная величина специфической адаптивной способности). Наиболее устойчивой получена продуктивность у стандарта (минимальная специфическая адаптивная способность). Несмотря на то, что новый сорт Починковец менее стабилен, чем контроль, доля вариабельности в его средней продуктивности близка к стандарту благодаря большей урожайности. Самыми отзывчивыми на улучшение условий среды были №359 и С-439 ($b_i > 1$), т.е. в наиболее благоприятных условиях их продуктивность была выше, чем в среднем по всем селекционным номерам в данных условиях, а в наименее благоприятных – ниже. Смоленский 29, Починковец и Р-4, напротив, в более худших условиях были более урожайными, в сравнительно лучших – менее уро-

жайными ($b_i < 1$). Благодаря тому, что статистически достоверно высокая продуктивность сорта Починковец сочеталась со сравнительной стабильностью (отмечен максимальный показатель СЦГ_i) он выглядел предпочтительнее, чем продуктивный, но относительно нестабильный №359. В связи с положительными итогами нескольких конкурсных испытаний новый сорт Починковец передан на государственное сортоиспытание, в 2018 году внесен в Госреестр.

Выходы. Таким образом, предложен критерий, по которому можно оценить достоверность различий между испытуемыми селекционными номерами или сортами по показателю общей адаптивной способности. Разработанный критерий успешно применен в процессе конкурсного испытания нового сорта клевера лугового Починковец.

Список литературы

1. Нагибин А.Е., Тормозин Н.А., Зырянцева А.А. Новый сорт клевера лугового (*Trifolium pratense L.*) Добряк // Кормопроизводство. 2016. № 12. С. 37-39.
2. Онучина О.Л., Грипась М.Н., Арзамасова Е.Г., Попова Е.В., Корнева И.А. Новый сорт клевера лугового Шанс // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 6 (61). С. 20-24.
3. Дыцкова Т.А., Курдакова О.В. Клевер луговой сорт Надежный // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40. № 1. С. 122-125.
4. Зарьянова З.А., Цуканова З.Р., Кирюхин С.В. Особенности хозяйственных и биологических признаков нового сорта клевера лугового Суvenir // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. №3(15). С. 30-34.
5. 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.
6. Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера / под ред. З.Ш. Шамсутдинова, А.С. Новоселовой, С.А. Бекузаровой. М.: Типография Россельхозакадемии, 2002. 72 с.
7. Методика государственного сортиспытания сельскохозяйственных культур: Вып. 1. Общая часть / под общ. ред. М.А. Федина. М., 1985. 269 с.
8. Методика государственного сортиспытания сельскохозяйственных культур: Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 195 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос, 1979. 416 с.
10. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6. No 1. P. 36-40.
11. 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.

Сведения об авторах:

Рекашус Эдуард Сергеевич, кандидат с.-х. наук, и.о. ведущего научного сотрудника,

e-mail: rekashus@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-9540-2333

Курдакова Ольга Васильевна, старший научный сотрудник

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: goshos@mail.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 66, no. 5, pp. 34-39.

doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.34-39

The criterion of significance of general adaptive ability: numerical model

E.S. Rekashus, O.V. Kurdakova

Smolensk state agricultural experimental station named by A.N. Engelhardt, Stodolishche village, Smolensk region, Russian Federation

The aims of the study: 1) to give an example of calculating the criterion for evaluation the collection of air-dry matter of the new red clover variety (*Trifolium pratense L.*) Pochinkovets in a competitive variety test; 2) to compare the general adaptive ability (GAA) of the selection achievement with other evaluation criteria. The initial data for the statistical processing were obtained from 2013 to 2015 in the breeding crop rotation of the Smolensk State Agricultural Experimental Station named after A.N. Engelhardt. The soil of test plots is sod-medium podzol light loamy with a medium acidic reaction, low content of humus, high content of mobile phosphorus and medium mobile potassium level. The wintering conditions varied from favorable to causing snow cover fracture, with low negative temperatures effect coming next. The vegetative periods were characterized by an elevated temperature. The moisture regime varied from optimal to semi-arid. Four selective numbers were tested: Pochinkovets variety (S-434), S-439, R-4 (from Smolensk State Agricultural Experimental Station named after A.N. Engelhardt) and No. 359 (France). The variety Smolensky 29 was the standard. The least significant difference in GAA at alpha level of 0.05 was 0.49 t/ha of air-dry matter. Two selective numbers were chosen. They are S-434 (Pochinkovets) and No. 359 (with GAA 0.92 and 0.83 t/ha of air-dry matter respectively). The GAA of the standard was 1.01 t/ha (significantly low). The S-434 (Pochinkovets) variety was more stable than No. 359. Its specific adaptive ability equal to 3.30 was lower than that of No. 359 (5.05). For this reason, the selection value of the genotype S-434 (Pochinkovets) equal to 4.88 was higher than that of No. 359 (3.00). Based

on the positive results of the competitive test, the new Pochinkovets variety was passed to the State varietal test. Since 2018 it has been included into the State Register of Selection Achievements. The new statistical criterion was successfully tested during the red clover selection process.

Key words: *statistical criterion, criterion of significance, least significant difference, general adaptive ability, new variety, red clover*

References

1. Nagibin A.E., Tormozin N.A., Zyryantseva A.A. *Novyy sort klevera lugovogo (Trifolium pratense L.) Dobryak*. [New red clover (*Trifolium pratense L.*) variety Dobryak]. *Kormoproizvodstvo*. 2016. no. 12. pp. 37-39.
2. Onuchina O.L., Gripas' M.N., Arzamazsova E.G., Popova E.V., Korneva I.A. *Novyy sort klevera lugovogo Shans*. [Shans is a new red clover variety]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2017. no. 6(61). pp. 20-24.
3. Dytskova T.A., Kurdakova O.V. *Klever lugovoy sort Nadezhnyy*. [Meadow clover variety Nadezhnyy]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2014. Vol. 40. no. 1. pp. 122-125.
4. Zar'yanova Z.A., Tsukanova Z.R., Kiryukhin S.V. *Osobennosti khozyaystvennykh i biologicheskikh priznakov novogo sorta klevera lugovogo Souvenir*. [Features of economic and biological characteristics of the new variety of red clover Souvenir]. *Zernobobovye i krupyaneye kul'tury*. 2015. no. 3(15). pp. 30-34.
5. Kil'chevskiy A.V., Khotyleva L.V. *Metody otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differentsiruyushchey sposobnosti sredy*. *Soobshchenie 1. Obosnovanie 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.
6. *Metodicheskie ukazaniya po selektsii i pervichnomu semenovodstvu klevera*. [Methodical instructions on breeding and primal seed growing of clover]. *Pod red. Z.Sh. Shamsutdinova, A.S. Novoselovoy, S.A. Bekuzarovoy*. Moscow.: *Tipografiya Rossel'khozakademii*, 2002. 72 p.
7. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Methods of the state varietal testing of agricultural crops]. Iss. 1. *Obshchaya chast'*. *Pod obshch. red. M.A. Fedina*. Moscow, 1985. 269 p.
8. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Methods of the state varietal testing of agricultural crops]. Iss. 2. *Zernovye, krupyaneye, zernobobovye, kukuruga i kormovye kul'tury*. [Grain, cereal, legume, maize and fodder crops]. Moscow, 1989. 195 p.
9. Dospekhov 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.
10. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. Vol. 6. no. 1. pp. 36-40.
11. Kil'chevskiy A.V., Khotyleva L.V. *Metody otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differentsiruyushchey sposobnosti sredy*. *Soobshchenie 2. Chislennyi primer i obsuzhdenie*. [Methods for 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.

Information about the authors:

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

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