

УДК 633.31:631.52

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-70-73>

Оригинальное исследование/Original research

Игнатьев С.А.,  
Регидин А.А.,  
Кравченко Н.С.,  
Горюнов К.Н.

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение «АНЦ «Донской», 347740,  
г. Зерноград, Научный городок, 3  
E-mail: mnogoletnie.travy@mai.ru

**Ключевые слова:** люцерна, признак, урожайность семян, адаптивность, стабильность, отзывчивость

**Для цитирования:** Игнатьев С.А., Регидин А.А., Кравченко Н.С., Горюнов К.Н. Параметры экологической адаптивности сортообразцов люцерны по признаку «урожайность семян» в условиях Ростовской области. *Аграрная наука*. 2021; 353 (10): 70–73.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-70-73>**Конфликт интересов отсутствует**

Stanislav A. Ignatiev,  
Andrey A. Regidin,  
Nina S. Kravchenko,  
Kirill N. Goryunov

Federal state budgetary scientific institution "ARC  
"Donskoy", 347740, Zernograd,  
Nauchny Gorodok, 3  
E-mail: mnogoletnie.travy@mai.ru

**Key words:** alfalfa, trait, seed productivity, adaptability, stability, response

**For citation:** Ignatiev S.A., Regidin A.A., Kravchenko N.S., Goryunov K.N. Ecological adaptability parameters of the alfalfa varietal samples according to the trait "seed productivity" in the Rostov region. *Agrarian Science*. 2021; 353 (10): 70–73. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-353-10-70-73>**There is no conflict of interests**

# Параметры экологической адаптивности сортообразцов люцерны по признаку «урожайность семян» в условиях Ростовской области

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Адаптивная селекция растений рассматривается как эффективное и доступное средство, которое позволит создать сорта, слабо реагирующие на возникающие неблагоприятные условия при их проявлении.

**Методы.** Изучение образцов люцерны проводилось на опытном поле «АНЦ «Донской». Объектами исследований послужили сортообразцы из коллекции ВИГРР (11 образцов из США, 16 — из Канады, 2 — из Франции, 1 — из Перу).

**Результаты.** Оценка сортообразцов люцерны по некоторым параметрам экологической пластичности по признаку «урожайность семян» показала, что сортообразцы из данной коллекции по-разному отзывались на изменения экологических условий их выращивания. Генотипы К-32783, К-42684, К-42685, К-48773, К-48774, К-48775, К-42694, К-45119, К-45715, К-47800, К-47801, К-47802, К-47803, К-47804, К-39978 и К-42712 имели  $b_i < 1$  и слабо отзывались на изменение условий выращивания, имея стабильную, хотя и не очень высокую, урожайность семян. Устойчивостью к стрессовым условиям выделились образцы К-32783, К-42694, К-47801 и К-42712. Генетически гибкими образцами, «компенсаторная способность» которых больше соответствует факторам среды, оказались К-50545 и К-50561. Коэффициент стабильности урожайности ( $\sigma_d^2$ ) в сравнении со стандартом выше у генотипов К-43272, К-50545 и К-50561.

# Ecological adaptability parameters of the alfalfa varietal samples according to the trait "seed productivity" in the Rostov region

## ABSTRACT

**Relevance.** Adaptive plant breeding is considered an effective and affordable tool that allows to develop varieties that are weakly responsive to the emerging unfavorable conditions.

**Methodology.** The current study of the alfalfa samples was carried out on the experimental plots of the ARC "Donskoy". The objects of research were the varieties of the ARIPGR (VIR) collection (11 samples from the USA, 16 samples from Canada, 2 samples from France, 1 sample from Peru).

**Results.** Estimation of the alfalfa varietal samples according to some ecological adaptability parameters according to the trait "seed productivity" showed that the varietal samples from this collection respond differently to the environmental changes in their cultivation. The genotypes K-32783, K-42684, K-42685, K-48773, K-48774, K-48775, K-42694, K-45119, K-45715, K-47800, K-47801, K-47802, K-47803, K-47804, K-39978 and K-42712 had  $b_i < 1$  and hardly responded to the changes in growing conditions, and they had stable, although not very high, seed productivity. There have been identified the samples K-32783, K-42694, K-47801 and K-42712 that demonstrated their resistance to stress conditions. The samples K-50545 and K-50561 turned out to be genetically flexible, their "compensatory ability" better corresponded to the environmental factors. The genotypes K-43272, K-50545 and K-50561 were characterized with higher coefficient ( $\sigma_d^2$ ) of the productivity stability in comparison with the standard variety.

Поступила: 14 сентября  
После доработки: 22 сентября  
Принята к публикации: 27 сентября

Received: 14 September  
Revised: 22 September  
Accepted: 27 September

## Введение

При создании новых сортов многолетних бобовых кормовых трав необходимо, чтобы они наравне с высокой кормовой продуктивностью имели стабильную и достаточно высокую семенную продуктивность.

В настоящее время урожайность семян люцерны, даже в благоприятных условиях ее выращивания на семена, остается невысокой. Недостаточная урожайность семян сортов люцерны, допущенных к использованию, сдерживает возможность расширения их посевов [1, 2], а это сказывается на снижении количества и качества полноценных кормов для животноводства [3].

Повышение семенной продуктивности люцерны — важный и сложный процесс. Формирование генеративных органов у люцерны зависит от многих факторов — биологических особенностей сорта (способности его растений производить большое количество жизнеспособной пыльцы) и экологических условий (освещенности растений, оптимальной относительной влажности воздуха и количества влаги в почве, температуры воздуха, обеспеченности элементами питания, наличия опылителей и благоприятных условий для их лета, эффективных мер борьбы с вредителями).

На юге России происходят заметные изменения климата [4, 5, 6]. В этих условиях важнейшей задачей селекции кормовых многолетних трав является создание сортов с высокой устойчивостью и пластичностью к стресс-факторам. Поэтому адаптивная селекция растений рассматривается как эффективное и доступное средство, которое позволит создать сорта, слабо реагирующие на возникающие неблагоприятные условия при их проявлении [7, 8, 9].

Целью данной работы была оценка адаптивных свойств сортообразцов (генотипов) люцерны из коллекции ВИГРР по признаку «урожайность семян».

## Методика

Изучение образцов люцерны проводилось на опытном поле «АНЦ «Донской». Объектами исследований послужили сортообразцы из коллекции ВИГРР из США, Канады, Франции и Перу (11, 16, 2, 1 сортообразцов соответственно).

Закладку опыта, полевые учеты и наблюдения проводили согласно Методическим указаниям по изучению коллекции многолетних кормовых трав (1975) и Методическим указаниям по изучению мировой коллекции многолетних кормовых растений (1985).

Почвенный покров места проведения опыта представлен черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы — pH = 7,1, содержание гумуса — 3,5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 24 мг/кг, K<sub>2</sub>O — 340 мг/кг почвы.

Математическая обработка результатов выполнялась по «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова (2014), индексы стрессоустойчивости ( $Y_{min} - Y_{max}$ ), генетической гибкости ( $(Y_{min} - Y_{max})/2$ ), показатель экологической пластичности  $b_i$  и стабильности  $\sigma_d^2$  — по S.A. Eberhart and W.A. Russel (1966) в изложении В.П. Зыкина, И.А. Белан, В.С. Юсова и др. (2005).

В весенний период вегетации условия увлажнения в опыте были близкими к средним многолетним.

В марте, апреле и мае 2016 и 2018 гг. отмечалось наименьшее количество осадков. В теплый период осадки носили ливневый характер и на фоне высоких (весной — на 0,5–1,9 °C, летом — на 1,3–3,4 °C выше средних многолетних) температур воздуха оказывали на посевы люцерны кратковременное влияние. В период начала цветения растений люцерны (июнь) среднесуточная относительная влажность воздуха составляла 55–62%, но с 1000 до 1600 она была на уровне 20–35%, температура воздуха в это время — 29–37 °C. Такие условия не способствовали хорошему опылению цветков растений люцерны, хотя лет опылителей и посещение цветков были всегда активные.

Более благоприятные условия температурного режима и относительной влажности воздуха отмечались в условиях 2017 года.

## Результаты

Достоверность влияния на признак «урожайность семян» факторов «сортообразец», «условия» и их взаимодействие выявил двухфакторный дисперсионный анализ ( $F_{факт} > F_{теор}$ ). Он подтвердил корректность опыта, а также показал, что изменчивость этого признака заложена не только в генетической природе генотипов люцерны (таблица 1).

Доли влияния на признак «урожайность семян» генотипа и взаимодействия «генотип — условия» составляли соответственно 2,23 и 2,01%, а высокое влияние на изменчивость этого признака оказывали условия — 95,75%. Об этом же свидетельствуют и значительные коэффициенты вариации признака (таблица 2).

Например, у стандарта Ростовская 90 минимальная урожайность (33,9 г/м<sup>2</sup>) получена в 2016 году, а максимальная (133,0 г/м<sup>2</sup>) — в 2017 году. Коэффициент вариации у него составлял 70,3%. Еще значительнее (выше), чем у стандарта, при высоком размахе изменений по годам величины урожайности семян, он отличался у генотипов из Канады — К-27166, К-33299, К-36104, К-42685, К-43269, К-48773, К-48776, К-50545, США — К-42249, К-47806, К-47807 и К-39978, К-43260 — из Франции.

На предположении о корректности линейной регрессии на характер отклика генотипов на экологические условия основана оценка влияния условий на анализируемый признак. Рассчитанные коэффициенты регрессии ( $b_i$ ) показывают силу реакции генотипов на изменение условий среды и оценивают его (генотипа) стабильность и пластичность в разных условиях. При  $b_i > 1$  генотип обладает более высокой отзывчивостью на изменение условий выращивания, при  $b_i < 1$  он обладает меньшей отзывчивостью.

Таблица 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа образцов люцерны по признаку «урожайность семян», 2016–2018 гг.

Table 1. Results of two-factor analysis of varieties of the alfalfa samples according to the trait 'seed productivity', 2016–2018

Источники варьирования	Степени свободы, Df	Средний квадрат, MS	$F_{факт.}$	$F_{табл.}$	Доля влияния факторов, %
Сортообразец (А)	30	1456,30	604,06	16,9	2,23
Условия (В)	2	62397,05	25881,52	3,10	95,75
Взаимодействие (АВ)	60	1307,61	542,38	1,46	2,01
Повторения в условиях	3	0,007	0,00	2,71	–
Случайные отклонения (ошибки)	90	2,411	–	–	–

Таблица 2. Параметры адаптивности образцов люцерны по признаку «урожайность семян», 2016–2018 гг.

Table 2. Adaptability parameters of the alfalfa samples according to the trait “seed productivity”, 2016–2018

Сорт, сортообразец	Страна происхождения	Размах варьирования урожайности (min-max), г/м <sup>2</sup>	CV, %	$b_i$	Стрессоустойчивость, $Y_{min} - Y_{max}$ , г/м <sup>2</sup>	Генетическая гибкость, $(Y_{min} + Y_{max})/2$ , г/м <sup>2</sup>	Коэффициент стабильности, $\sigma_d^2$
Ростовская 90, ст.	Россия	33,9–133,0	70,3	1,50	–99,1	83,5	6,16
K-27166	Канада	25,5–154,0	81,0	1,86	–128,5	89,8	13,03
K-32783	Канада	33,152,0	22,0	0,22	–18,9	42,6	2,25
K-33299	Канада	10,5–88,0	94,3	1,14	–77,5	49,3	6,58
K-36104	Канада	25,0–89,0	71,1	1,01	–64,0	57,0	1,69
K-42684	Канада	23,5–69,0	45,7	0,58	–40,5	48,8	2,62
K-42685	Канада	21,0–83,0	77,5	0,99	–62,0	52,0	1,24
K-43269	Канада	21,0–112,0	88,7	1,43	–91,0	66,5	4,28
K-43272	Канада	38,8–140,0	58,7	1,37	–101,2	89,4	27,33
K-48771	Канада	36,6–110,0	58,2	1,11	–73,4	73,3	3,19
K-48773	Канада	12,0–72,0	76,1	0,81	–60,0	42,0	9,90
K-48774	Канада	33,0–81,0	56,2	0,81	–48,0	57,0	0,06
K-48775	Канада	26,6–80,8	52,7	0,74	–54,2	53,7	6,98
K-48776	Канада	24,0–96,0	80,1	1,17	–72,0	60,0	1,08
K-48778	Канада	33,5–96,0	49,7	0,84	–62,5	64,8	10,78
K-50545	Канада	25,3–186,0	88,2	2,35	–160,7	105,7	29,01
K-50561	Канада	28,6–161,0	69,2	1,68	–132,4	94,8	74,70
K-42249	США	12,0–81,0	86,8	1,00	–69,0	46,5	7,11
K-42694	США	13,5–37,0	46,1	0,20	–23,5	25,3	9,09
K-45119	США	28,9–89,7	54,5	0,85	–60,8	59,3	7,32
K-45715	США	29,4–91,2	53,5	0,85	–61,8	60,3	9,22
K-47800	США	55,3–99,0	35,1	0,72	–43,7	77,2	0,01
K-47801	США	28,5–79,0	45,9	0,59	–50,5	53,8	20,41
K-47802	США	13,5–51,0	57,1	0,45	–37,5	32,3	7,90
K-47803	США	22,5–72,0	51,0	0,57	–49,5	47,3	15,24
K-47804	США	15,0–60,7	57,1	0,29	–45,7	37,9	19,00
K-47806	США	28,8–127,0	85,6	1,60	–98,2	77,9	0,31
K-47807	США	19,5–120,0	85,9	1,48	–100,5	69,8	12,52
K-42712	Перу	40,1–80,0	34,4	0,55	–39,9	60,1	3,58
K-39978	Франция	12,0–68,0	74,1	0,75	–56,0	40,0	9,53
K-43260	Франция	39,0–129,0	72,0	1,48	–90,0	84,0	0,87
HCP <sub>05</sub>		2,11–11,35					

В оцениваемой нами коллекции по урожайности семян 16 сортообразцов имели  $b_i < 1$  и были менее отзывчивы на изменения условий. Это сортообразцы из Канады — K-32783, K-42684, K-42685, K-48773, K-48774, K-48775, из США — K-42694, K-45119, K-45715, K-47800, K-47801, K-47802, K-47803, K-47804, а также французский сортообразец K-39978 и перуанский — K-42712. Другая часть сортообразцов имели коэффициент  $b_i > 1$ , в том числе и стандарт Ростовская 90, и были, очевидно, более отзывчивыми на улучшение условий их выращивания для получения семян.

Уровень устойчивости изучаемых сортообразцов к стрессовым условиям произрастания при выращивании их на семена определялся как индекс разности минимальной и максимальной их урожайности за годы изучения ( $Y_{min} - Y_{max}$ ).

Чем меньше разница между этими урожайностями, тем выше устойчивость генотипа к стрессу [10]. При сравнении полученных индексов разности min и max

урожайности семян сортообразцов люцерны со стандартом Ростовская 90 видно, что большее их количество имели меньшую разницу. У стандарта Ростовская 90 она составляла –99,12 г/м<sup>2</sup>, но самый низкий индекс отмечался у K-32783 (–18,9 г/м<sup>2</sup>), K-42694 (–23,5 г/м<sup>2</sup>), K-47801 (–43,7 г/м<sup>2</sup>) и K-42712 (–39,9 г/м<sup>2</sup>). Очевидно, это самые устойчивые к стрессу сортообразцы изучаемой коллекции.

В стрессовой ситуации генетическую гибкость сортообразца (генотипа), его компенсаторную способность характеризует индекс  $(Y_{min} + Y_{max})/2$ . Чем выше этот индекс, тем выше степень соответствия между генотипом изучаемого объекта и факторами среды.

Индекс генетической гибкости стандарта Ростовская 90 составил 83,5 г/м<sup>2</sup>. Близкие к стандарту индексы отмечались у K-27166 (89,4 г/м<sup>2</sup>), K-43272 (89,4 г/м<sup>2</sup>) и K-43260 (84,0 г/м<sup>2</sup>). Сортообразцы K-50545 и K-50561 имели индекс генетической гибкости еще выше, соответственно 105,7 и 94,8 г/м<sup>2</sup>, и, очевидно, их компенса-

торные способности больше соответствовали факторам среды.

Коэффициент стабильности урожайности ( $\sigma_d^2$ ), рассчитанный по дисперсии отклонений фактической урожайности от теоретически ожидаемой, позволяет оценить сортообразцы (генотипы) по признаку «урожайность семян» [11], или насколько они различаются стабильностью урожайности семян. Оценку различия стабильности предлагают оценивать с помощью  $F$ -критерия:  $F_{\text{факт}} = \sigma_d^2(1)/\sigma_d^2(2)$ , где  $\sigma_d^2(1) > \sigma_d^2(2)$ . При  $n - 2 = 1$  и  $v - 2 = 29$ ,  $F_{05} = 4,195$ . Тогда в оцениваемой коллекции люцерны существенные различия стабильности урожайности семян, в сравнении со стандартом Ростовская 90, выше у канадских сортообразцов К-43272, К-50545, К-50561. В то же время стабильность урожайности семян стандарта существенно выше, чем у сортообразцов К-47800, К-42685, К-48774, К-48776, К-47806, К-43260. В сравнении со стандартом различия стабильности урожайности других изучаемых сортообразцов не существенны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Переправо Н.И., Косолапов В.М., Золотарев В.Н., Шевцов А.В. Современное состояние и основные направления развития травосеяния и семеноводства кормовых трав. Адаптивное кормопроизводство. 2014. № 1. С. 12-21;
2. Лобачева Т.И. Состояние и направления развития кормовой базы животноводства. Кормопроизводство. 2017. № 8. С. 3-9;
3. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство – стратегическое направление в обеспечении продовольственной безопасности России. Теория и практика. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 200 с;
4. Кривошеев Г.Я., Игнатьев А.С., Буин Н.П. Изменение климатических условий в Южной зоне Ростовской области в период вегетации кукурузы. Зерновое хозяйство России. 2014. № 1(31). С. 44-50;
5. Попов А.С., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В. Особенности погодных условий в южной зоне Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2012. № 3(21). С. 56-59;
6. Мазур И.И., Иванов И.П. Опасные природные процессы. М.: Экономика, 2004. 702 с.;
7. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: Изд-во «Агрорус», 2004. 1109 с.
8. Жученко А.А. Адаптивные системы селекции растений (эколого-генетические основы). М.: ООО «ОГО Русь», 2011. 1488 с.
9. Шамсутдинов З.Ш. Адаптивная система селекции кормовых растений (биогеоценотический подход). М.: МГОУ, 2007. 224 с.;
10. Гончаренко А.А. О проблеме экологической устойчивости сортов зерновых культур // Безостая 1 – 50 лет триумфа: сборник статей межд. конференции, посвященной 50-летию создания сорта озимой мягкой пшеницы Безостая 1. Краснодар, 2005. С. 44-59.
11. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Недорезков В.Д., Исмаилов Р.Р., Кадиков Р.К., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 100 с.

## ОБ АВТОРАХ:

**Станислав Александрович Игнатьев**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав  
**Андрей Алексеевич Регидин**, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав  
**Нина Станиславовна Кравченко**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна  
**Кирилл Николаевич Горюнов**, агроном лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав

## Выводы

Таким образом, оценка сортообразцов люцерны по некоторым параметрам экологической пластичности по признаку «урожайность семян» показала, что сортообразцы из данной коллекции по-разному отзываются на изменения экологических условий их выращивания.

Генотипы К-32783, К-42684, К-42685, К-48773, К-48774, К-48775, К-42694, К-45119, К-45715, К-47800, К-47801, К-47802, К-47803, К-47804, К-39978 и К-42712 имели  $b_i < 1$  и слабо отзывались на изменение условий выращивания, имея стабильную, хотя и не очень высокую, урожайность семян.

Устойчивостью к стрессовым условиям выделились сортообразцы К-32783, К-42694, К-47801 и К-42712.

Генетически гибкими сортообразцами, «компенсаторная способность» которых больше соответствует факторам среды, оказались К-50545 и К-50561.

Коэффициент стабильности урожайности ( $\sigma_d^2$ ) в сравнении со стандартом выше у генотипов К-43272, К-50545 и К-50561.

## REFERENCES

1. Perepravo N.I., Kosolapov V.M., Zolotarev V.N., Shevtsov A.V. The current state and the main directions of development of grass and seed production of forage grasses. Adaptive feed production. 2014. No. 1. P. 12-21;
2. Lobacheva T.I. Condition and directions of development of the fodder base of animal husbandry. Feed production. 2017. No. 8. P. 3-9;
3. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. Feed production is a strategic direction in ensuring food security in Russia. Theory and practice. M.: FSSI "Rosinformagrotech", 2009. 200 p.;
4. Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S., Buin N.P. Climatic changes in the southern part of the Rostov region during the maize vegetation period. Grain Economy of Russia. 2014. No. 1 (31). P. 44-50;
5. Popov A.S., Yankovsky N.G., Ovsyannikova G.V. The features of weather conditions in the southern part of the Rostov region. Grain Economy of Russia. 2012. No. 3 (21). P. 56-59;
6. Mazur I.I., Ivanov I.P. Dangerous natural processes. M.: Economics, 2004. 702 p.;
7. Zhuchenko A.A. Resource potential of grain production in Russia. M.: Publishing house "Agrorus", 2004. 1109 p.
8. Zhuchenko A.A. Adaptive plant breeding systems (ecological and genetic bases). M.: LLC "OGO Rus", 2011. 1488 p.
9. Shamsutdinov Z.Sh. Adaptive system of forage plant breeding (biogeocenotic approach). M.: MSEI, 2007. 224 p.;
10. Goncharenko A.A. On the problem of ecological stability of grain varieties // The 50 years of triumph of the variety 'Bezostaya 1': collection of the articles of the International Conference dedicated to the 50th anniversary of the development of the winter wheat variety 'Bezostaya 1'. Krasnodar, 2005. P. 44-59;
11. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Nedorezkov V.D., Ismailov R.R., Kadikov R.K., Islamgulov D.R. Methodology for calculating and estimating the ecological adaptability parameters of agricultural plants. Ufa, 2005. 100 p.

## ABOUT THE AUTHORS:

**Stanislav Aleksandrovich Ignatiev**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory for Breeding and Seed Production of Perennial Grasses  
**Andrey Alekseevich Regidin**, Junior Researcher of the Laboratory for Breeding and Seed Production of Perennial Grasses  
**Nina Stanislavovna Kravchenko**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Biochemical Estimation of Breeding Material and Seed Quality  
**Kirill Nikolaevich Goryunov**, Agronomist of the Laboratory for Breeding and Seed Production of Perennial Grasses