ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ ПО ПРИЗНАКАМ «УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ» И «СОДЕРЖАНИЕ СЫРОГО ПРОТЕИНА»

С.А. Игнатъев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

А.А. Регидин, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

Н.С. Кравченко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

К.Н. Горюнов, агроном лаборатории многолетних трав, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508
ФГБНУ «АНЦ «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Представлены результаты оценки экологической адаптивности образцов люцерны. Целью работы была оценка урожайности и качества зеленой массы образцов люцерны из коллекции ВИГРР и выделение наиболее адаптивных по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина». Изучение коллекционных образцов люцерны проводили в южной зоне Ростовской области на землях «АНЦ «Донской» в селекционном севообороте многолетних трав в 2016–2018 гг. Объектом изучения являлись 30 образцов люцерны коллекции ВИГРР им. Н.И. Вавилова из разных стран (Канада, США, Перу, Франция). В качестве стандарта использовали сорт Ростовская 90. Оценка образцов люцерны на наличие у них адаптивных свойств по признаку «урожайность зеленой массы» показала, что в настоящее время в практической селекционной работе наибольший интерес могут представлять образцы со слабой отзывчивостью на изменения условий среды (K-32873, K-33299, K-42684, K-42249, K-78803); с высокой устойчивостью к стрессам (K-36104, K-48778, K-42694, K-45715, K-47800, K-47802, K-43260); генетически гибкие генотипы (K-43272, K-50545, K-47806, K-47807). При селекции по признаку «содержание сырого протеина» важны для дальнейшей работы образцы с высоким содержанием сырого протеина и устойчивые к изменению этого признака (K-47807, K-47804, K-42712).

Ключевые слова: люцерна, исходный материал, признак, урожайность зеленой массы, содержание сырого протеина, адаптивность, стабильность, отзывчивость.

Для цитирования: Игнатъев С.А., Регидин А.А., Кравченко Н.С., Горюнов К.Н. Оценка параметров экологической адаптивности образцов люцерны по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина» // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 34–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-34-40.

ESTIMATION OF THE PARAMETERS OF THE ECOLOGICAL ADAPTABILITY OF THE ALFALFA SAMPLES ACCORDING TO THE TRAITS 'GREEN MASS PRODUCTIVITY' AND 'RAW PROTEIN PERCENTAGE'

S.A. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mноголетnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

A.A. Regidin, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

N.S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and grain quality, ORCID: 0000-0003-3388-1548;

K.N. Goryunov, agronomist of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the estimation results of ecological adaptability of the alfalfa samples. The purpose of the work was to assess the productivity and quality of green mass of the alfalfa samples from the IPI plant genetic resources gene bank and to identify the most adaptive ones according to the trait 'green mass productivity' and 'raw protein percentage'. The study of the collection alfalfa samples was carried out in the southern part of the Rostov region on the plots of the "ARC "Donskoy" in the breeding crop rotation of perennial grasses in 2016–2018. The objects of study were 30 alfalfa samples from the collection of N.I. Vavilov IPI from different countries (Canada, the USA, Peru, France). The variety 'Rostovskaya 90' was used as a standard one. The estimation of alfalfa samples on the presence of adaptive properties in them according to the trait 'green mass productivity' showed that the most valuable samples in present practical breeding work are the samples 'K-32873', 'K-33299', 'K-42684', 'K-42249', 'K-78803' with weak responsiveness to changes in environmental conditions; the samples 'K-36104', 'K-48778', 'K-42694', 'K-45715', 'K-47800', 'K-47802', 'K-43260' with high resistance to stress; the samples 'K-43272', 'K-50545',

'K-47806', 'K-47807' with genetically flexible genotypes. When breeding according to the trait 'raw protein percentage', the samples 'K-47807', 'K-47804', 'K-42712' possessing a high raw protein percentage and resistance to changes in this trait are important for further work.

Keywords: alfalfa, initial material, trait, green mass productivity, raw protein percentage, adaptability, stability, responsiveness.

Введение. Люцерна среди многолетних бобовых кормовых трав является самой распространенной культурой на юге России. Высокая продуктивность и качество кормовой массы, долговечность, многоукосность, разноплановость использования, высокая азотфиксирующая способность при мощно развитой корневой системе делают люцерну важной культурой в растениеводстве, земледелии и кормопроизводстве (Косолапов и Трофимова, 2014).

Выведение и использование новых сортов многолетних бобовых трав является наиболее доступным и дешевым средством повышения их урожайности с учетом экологических условий района выращивания (Жученко, 2011).

Основой успешной работы по созданию новых сортов люцерны является хорошо изученный ее исходный материал. Он в решающей степени и определяет параметры новых сортов (Козлов и др., 2007; Kumar et al, 2018).

Для селекции на устойчивость к разным стресс-факторам (особенно к недостатку влаги) необходимо наличие соответствующего исходного материала. Широкое экологическое изучение новых образцов люцерны и выяснение их устойчивости к изменяющимся экологическим факторам среды – важное направление в селекции кормовых трав (Жученко, 2011; Рыбась, 2016; Мальчиков и др., 2018).

Целью работы была оценка урожайности и качества зеленой массы образцов люцерны из коллекции ВИГРР и выделение наиболее адаптивных по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержание сырого протеина».

Материалы и методы исследований. Изучение коллекционных образцов люцерны проводили в южной зоне Ростовской области на землях «АНЦ «Донской» в селекционном севообороте многолетних трав в 2015–2018 гг. Питомник закладывали согласно «Методическим рекомендациям по селекции многолетних трав» (1985) и «Методическим указаниям по изучению коллекции многолетних кормовых трав» (1975).

Объектом изучения являлись 30 образцов люцерны коллекции ВИГРР им. Н.И. Вавилова из разных стран (Канада, США, Перу, Франция).

В качестве стандарта использовали сорт Ростовская 90.

Посев питомника проводили весной 2015 года в чистом посеве по предшественнику озимая пшеница. В год посева выполняли фенологические и биометрические наблюдения, подсчет густоты всходов, времени и интенсивности отрастания растений после уходного подкашивания. Учет урожая проводили поделочно в последующие 3 года.

Почвенный покров места проведения опыта представлен черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: pH-7,1; содержание гумуса – 3,5%, P_2O_5 – 24 мг/кг, K_2O – 340 мг/кг почвы (Алабушев и др., 2020).

Математическую обработку результатов выполняли по «Методике полевого опыта» Б.А. Доспехова (2014), индексы $(Y_{min} - Y_{max})$, $(Y_{min} - Y_{max})/2$, показатель экологической пластичности b_i , стабильности Si^2 – по S.A. Eberhart and W.A. Russel (1966) в изложении В.П. Зыкина, И.А. Белан, В.С. Юсова и др. (2005).

Условия увлажнения в весенний период вегетации были близки к средним многолетним. Наименьшее количество осадков отмечалось в марте, апреле и мае в 2016 и 2018 гг. Они составляли 32,9–81,5% от средней многолетней нормы. Осадки теплого периода 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 послеуборочный и осенний периоды отмечался значительный недобор осадков (60,3–70,5% от средних многолетних). Осенняя вегетация люцерны начиналась только в конце сентября-середине октября после выпадения продуктивных осадков.

В зимний период критически низких температур воздуха и почвы не наблюдалось.

Результаты и их обсуждение. Двухфакторный дисперсионный анализ выявил достоверность влияния на признак «урожайность зеленой массы» образцов, условий и их взаимодействия ($F_{факт} > F_{теор}$) (табл. 1).

1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа образцов люцерны по признаку «урожайность зеленой массы» (2016–2018 гг.)

1. The results of two-factor variance analysis of the alfalfa samples according to the trait 'green mass productivity' (2016–2018)

Источники варьирования	Степени свободы	Средний квадрат (дисперсия)	$F_{факт}$	F_{05}	Доля фактора, %
Образец (A)	30	7,25	4,37	1,59	6,33
Условия (B)	2	95,85	57,86	3,10	83,77
Взаимодействие (AB)	60	7,23	4,37	1,46	6,32
Повторение условия	3	2,44	1,47	2,71	2,13
Случайное отклонение	90	1,66	–	–	1,45

Подтверждены также корректность опыта и то, что изменчивость признака заложена не только в генетической природе образцов люцерны. Доля влияния на признак «урожайность зеленой массы» фактора «образец» составляла 6,33%, доля влияния «условий» – 83,77%, что указывает на решающее влияние среды на величину этого признака.

В 2016 году урожайность зеленой массы у образцов люцерны оказалась наименьшей за все 3 года и варьировала от 1,4 до 2,8 кг/м².

Более высокая, чем у стандарта (2,3 кг/м²), она отмечена у образцов К-36104, К-43269, К-43272, К-47803, К-47804, К-47807, К-43260. Их урожайность была 2,5–2,8 кг/м², а средняя по опыту за этот год – 2,0 кг/м².

Наибольшая за все годы урожайность зеленой массы сформировалась в 2018 году. Размах варьирования ее составлял при этом 1,3–4,9 кг/м², при средней по опыту 2,8 кг/м² (табл. 2).

2. Влияние условий выращивания на урожайность зеленой массы образцов люцерны (2016–2018 гг.)

2. The effect of growing conditions on green mass productivity of the alfalfa samples (2016–2018)

Сорт, образец	Страна происхождения	Урожайность, кг/м ² , по годам			CV, %	bi
		2016	2017	2018		
Ростовская 90, ст.	Россия	2,3	2,8	4,0	28,9	2,24
К-27166	Канада	1,6	2,3	3,6	40,1	2,52
К-32783	Канада	1,6	2,5	2,1	20,8	-1,29
К-33299	Канада	1,9	2,4	1,3	28,6	-2,46
К-36104	Канада	2,8	2,8	3,2	7,7	0,83
К-42684	Канада	2,3	2,4	1,3	30,2	-2,37
К-42685	Канада	1,6	2,1	2,6	24,7	0,88
К-43269	Канада	2,5	2,6	3,4	16,4	1,60
К-43272	Канада	2,6	2,6	3,9	24,1	2,70
К-48771	Канада	2,0	2,2	3,2	26,8	2,11
К-48773	Канада	1,4	2,1	2,5	26,3	0,61
К-48774	Канада	1,5	2,2	2,8	29,1	0,92
К-48775	Канада	1,6	2,1	3,8	45,9	3,40
К-48776	Канада	2,0	2,1	3,1	26,0	2,13
К-48778	Канада	2,1	2,2	2,2	3,1	-0,12
К-50545	Канада	1,8	2,3	4,9	55,0	5,27
К-50561	Канада	2,0	2,2	4,3	46,2	4,50
К-42249	США	1,7	2,1	1,2	27,3	-2,12
К-42694	США	1,8	2,1	2,0	26,0	2,17
К-45119	США	1,8	2,1	4,5	52,9	4,98
К-45715	США	2,3	2,4	2,5	4,2	0,14
К-47800	США	2,1	2,4	2,5	8,1	0,14
К-47801	США	2,1	2,4	1,9	12,0	-1,22
К-47802	США	1,9	2,2	1,8	10,6	-1,00
К-47803	США	2,5	2,7	2,1	41,4	-3,41
К-47804	США	2,8	2,8	2,1	16,0	-1,51
К-47806	США	2,0	2,4	4,9	50,4	5,13
К-47807	США	2,8	2,7	3,7	17,4	2,17
К-42712	Перу	2,4	2,5	1,7	20,4	-1,81
К-39978	Франция	1,8	2,0	1,5	15,5	-1,30
К-43260	Франция	2,6	2,1	2,1	11,7	0,16
ΣYj	–	64,2	72,8	85,7	–	–
Yj	–	2,0	2,4	2,8	–	–
Ij	–	-0,32	-0,05	+0,37	–	–
HCP ₀₅	–	0,52	0,45	0,45	–	–

Более высокая, чем у стандарта (4,0 кг/м²), урожайность зеленой массы была получена у К-50545 (4,9 кг/м²) и К-50561 (4,3 кг/м²).

В 2017 году размах варьирования урожайности зеленой массы образцов составлял 2,0–2,8 кг/м² при средней по опыту 2,4 кг/м². В этот год ни один из изучаемых образцов по урожайности не превзошел стандарт (2,8 кг/м²).

Подсчет коэффициента вариации урожайности зеленой массы образцов люцерны пока-

зал, что у К-36104 (7,7%), К-48778 (3,1%), К-45715 (4,2%), К-47800 (8,1%), К-47802 (10,6%) изменчивость этого признака была слабой. У образцов К-43260, К-39978, К-47807, К-47804 и К-43269 изменчивость была средней. У большей же части образцов изменчивость признака высокая.

Индекс условий среды (Ij) был более благоприятным в 2018 году (+0,37).

Оценка влияния условий выращивания основана на предположении о корректности ли-

нейной регрессии с характером отклика генотипов на экологические условия. Поэтому коэффициент регрессии b_i показывает степень реакции генотипа на изменение условий среды и дает ему оценку пластичности и стабильности в разных условиях. При $b_i > 1$ генотип обладает большей отзывчивостью на улучшение условий возделывания, при $b_i < 1$ меньшей отзывчивостью (Зыкин и др., 2005).

В нашем случае оцениваемые образцы разделились на две примерно равные группы. Одни реагируют на изменения условий с b_i от 1,6 (К-43269) до 5,27 (К-50545). Эти образцы целесообразно использовать при создании сортов для возделывания в интенсивных условиях. Другая часть образцов с коэффициентом регрессии b_i от 0,92 до -2,46 выделяются слабой отзывчивостью на изменение условий, но позволяют формировать стабильную

урожайность в неблагоприятных условиях. Образцы несут в себе признаки, которые важны при создании сортов для возделывания в экстремальных и экстенсивных условиях.

Индекс разницы минимальной и максимальной урожайности ($Y_{\min}-Y_{\max}$) отражает уровень устойчивости изучаемых образцов к стрессовым условиям произрастания. Чем меньше разница между минимальной и максимальной урожайностями образца, тем выше его устойчивость к стрессу (Гончаренко, 2015). Среди изучаемых образцов люцерны наименьшей разницей обладали К-36104 (-0,4 кг/м²), К-48778 (-0,1 кг/м²), К-42694 (-0,2 кг/м²), К-45715 (-0,2 кг/м²), К-47800 (-0,4 кг/м²), К-47801 (-0,5 кг/м²), К-47802 (-0,4 кг/м²), К-43260 (-0,5 кг/м²). Стрессоустойчивость стандарта Ростовская 90 составляла при этом 1,7 кг/м² (табл. 3).

3. Параметры адаптивности образцов люцерны по признаку «урожайность зеленой массы» (2016–2018 гг.)

3. Adaptability parameters of the alfalfa samples according to the trait 'green mass productivity' (2016–2018)

Сорт, образец	Страна происхождения	Размах варьирования урожайности (min – max), кг/м ²	Стрессо-устойчивость $Y_{\min} - Y_{\max}$, кг/м ²	Генетическая гибкость, $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$	Стабильность коэффициент Si^2
Ростовская 90, ст.	Россия	2,3–4,0	-1,7	3,14	2,87
К-27166	Канада	1,6–3,6	-2,0	2,62	3,68
К-32783	Канада	1,7–2,5	-0,9	2,09	0,81
К-33299	Канада	1,3–2,4	-1,1	1,83	2,14
К-36104	Канада	2,8–3,2	-0,4	3,01	0,28
К-42684	Канада	1,3–2,4	-1,1	1,85	2,20
К-42685	Канада	1,6–2,6	-1,0	2,09	0,73
К-43269	Канада	2,6–3,4	-0,9	2,98	1,12
К-43272	Канада	2,6–3,9	-1,3	3,26	3,00
К-48771	Канада	2,0–3,2	-1,2	2,59	2,03
К-48773	Канада	1,5–2,5	-1,1	1,98	0,66
К-48774	Канада	1,5–2,8	-1,3	2,17	1,03
К-48775	Канада	1,6–3,8	-2,2	2,71	5,68
К-48776	Канада	2,0–3,1	-1,1	2,54	1,96
К-48778	Канада	2,1–2,2	-0,1	2,17	0,01
К-50545	Канада	1,8–4,9	-3,1	3,36	12,78
К-50561	Канада	2,0–4,3	-2,3	3,14	8,68
К-42249	США	1,2–2,1	-0,9	1,66	1,60
К-42694	США	1,8–2,0	-0,2	1,98	3,81
К-45119	США	1,8–4,5	-2,7	3,15	10,89
К-45715	США	2,3–2,5	-0,2	2,40	0,03
К-47800	США	2,1–2,5	-0,4	2,32	0,08
К-47801	США	1,9–2,4	-0,5	2,16	0,52
К-47802	США	1,8–2,2	-0,4	2,01	0,35
К-47803	США	2,1–2,7	-1,6	1,89	4,56
К-47804	США	2,1–2,8	-0,7	2,46	0,94
К-47806	США	2,0–4,9	-2,9	3,46	11,81
К-47807	США	2,7–3,7	-1,0	3,21	1,81
К-42712	Перу	1,7–2,5	-0,8	2,12	1,28
К-39978	Франция	1,5–2,1	-0,6	1,78	0,60
К-43260	Франция	2,1–2,6	-0,5	2,34	0,15

Генетическая гибкость образца, или его компенсаторная способность в стрессовой ситуации, характеризует индекс $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$

(Гончаренко и др., 2015). В этом случае, чем выше этот индекс, тем выше степень соответствия между генотипом объекта и фактора-

ми среды. Генетическая гибкость стандарта Ростовская 90 в период изучения составляла 3,14 кг/м². Больше она была у образцов К-43272 (3,26 кг/м²), К-50545 (3,36 кг/м²), К-47806 (3,46 кг/м²), К-48807 (3,21 кг/м²). Использование этих образцов в скрещивании позволит получить гибридный материал, обладающий высокой компенсаторной способностью в стрессовых условиях.

По коэффициенту стабильности, рассчитанному по дисперсии отклонений фактических урожаев от теоретически ожидаемых, выполнена оценка коллекционных образцов люцерны на стабильность их реакции при возделывании на зеленую массу. Расчет показал, что наименьший коэффициент Si^2 (большую стабильность реакции) имели образцы К-36104

(0,28), К-48778 (0,01), К-45715 (0,03), К-47800 (0,08) и К-43260 (0,15). Эти образцы превосходили по стабильности реакции стандарт (2,87). Меньшей стабильностью реакции выделились образцы К-50545 (12,78), К-45119 (10,89) и К-47806 (11,81).

Селекционная работа с люцерной направлена не только на повышение урожайности, но и на улучшение ее качества за счет повышения содержания сырого протеина. Поэтому важна оценка исходного материала люцерны по параметрам экологической пластичности по признаку «содержание сырого протеина».

Дисперсионный анализ изучаемых образцов люцерны выявил наличие взаимодействия генотипов и среды по этому признаку и корректность проведенного опыта (табл. 4).

4. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа образцов люцерны коллекционного питомника по признаку «содержание сырого протеина» (2016–2018 гг.)
4. The results of two-factor variance analysis of the alfalfa samples according to the trait 'raw protein percentage' (2016–2018)

Источники варьирования	Степени свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{факт}	F ₀₅	Доля фактора, %
Образец (А)	30	3,64	4,49	1,59	39,77
Условия (В)	2	8,44	10,34	3,10	6,13
Взаимодействие (АВ)	60	1,23	1,52	1,46	26,84
Повторение условия	3	1,65	2,74	2,71	–
Случайное отклонение	90	1,47	–	–	–

На изменение признака «содержание сырого протеина» наибольшее влияние оказывали фактор «образец» 39,77% и взаимодействие факторов образец-условия 26,84%. Доля влияния фактора «условия» составляла 6,13%.

Вариабельность содержания сырого протеина в сухом веществе по годам сла-

бая, коэффициент вариации составлял от 0,4 до 6,4%.

Более высоким содержанием сырого протеина выделялись образцы К-32783, К-33299, К-50545, К-47804, К-47807, К-42712, К-43260 (табл. 5).

5. Параметры адаптивности образцов люцерны коллекционного питомника по признаку «содержание сырого протеина» (2016–2018 гг.)
5. Adaptability parameters of the alfalfa samples according to the trait 'raw protein percentage' (2016–2018)

Сорт, образец (страна происхождения)	Содержание сырого протеина, % (min – max)	CV, %	Параметры адаптивности			
			$Y_{min} - Y_{max}$, %	$(Y_{max} + Y_{min})/2$	bi	Si^2
Ростовская 90, ст.	18,7–19,5	2,0	-0,8	19,10	2,57	0,38
К-27166 (Канада)	19,3–19,4	0,2	-0,1	19,33	0,80	0,01
К-32783 (Канада)	19,5–21,4	5,0	-2,0	20,43	-0,61	2,08
К-33299 (Канада)	19,1–21,7	6,4	-2,6	20,41	-9,91	4,51
К-36104 (Канада)	18,8–19,2	1,0	-0,4	18,97	4,19	0,27
К-42684 (Канада)	18,2–19,0	2,3	-0,9	18,59	-7,57	1,03
К-42685 (Канада)	17,6–18,7	3,0	-1,1	18,17	-5,73	0,96
К-43269 (Канада)	18,3–19,1	2,0	-0,8	18,67	2,25	0,35
К-43272 (Канада)	19,1–19,5	1,1	-0,4	19,27	2,02	0,13
К-48771 (Канада)	17,8–18,8	2,7	-1,0	18,33	-6,31	0,94
К-48773 (Канада)	18,6–19,1	1,4	-0,5	18,87	3,23	0,27
К-48774 (Канада)	18,3–19,3	3,0	-1,1	18,79	6,78	1,15
К-48775 (Канада)	19,0–19,7	1,8	-0,7	19,37	5,87	0,64
К-48776 (Канада)	19,7–19,7	0,9	-0,3	19,54	3,60	0,20
К-48778 (Канада)	19,8–20,4	1,7	-0,6	20,08	2,52	0,30
К-50545 (Канада)	20,0–21,5	3,8	-1,5	20,73	-1,77	1,23
К-50561 (Канада)	18,9–19,2	0,9	-0,3	19,02	0,85	0,07
К-42249 (США)	18,0–18,3	0,8	-0,3	18,13	-2,05	0,09

Сорт, образец (страна происхождения)	Содержание сырого протеина, % (min – max)	CV, %	Параметры адаптивности			
			$Y_{\min} - Y_{\max}, \%$	$(Y_{\max} + Y_{\min})/2$	bi	Si ²
K-42694 (США)	17,9–18,8	2,5	-0,9	18,33	6,34	0,88
K-45119 (США)	19,7–20,4	1,9	-0,7	20,02	0,59	0,29
K-45715 (США)	18,8–18,9	0,5	-0,2	18,85	1,89	0,06
K-47800 (США)	18,1–18,6	1,4	-0,5	18,38	-4,80	0,40
K-47801 (США)	19,0–19,2	0,6	-0,2	19,07	0,39	0,03
K-47802 (США)	17,3–18,8	4,2	-1,5	18,04	5,55	1,48
K-47803 (США)	19,2–19,4	0,5	-0,2	19,31	-1,35	0,04
K-47804 (США)	19,6–19,8	0,6	-0,2	19,67	-2,69	0,11
K-47806 (США)	18,2–19,2	2,8	-1,0	18,68	7,35	1,15
K-47807 (США)	19,7–19,8	0,4	-0,1	19,72	0,96	0,02
K-42712 (Перу)	20,0–20,2	0,6	-0,2	20,14	2,18	0,08
K-39978 (Франция)	18,3–19,4	3,0	-1,1	18,84	10,79	1,98
K-43260 (Франция)	19,6–21,0	4,0	-1,4	20,25	3,06	1,37

Устойчивость признака «содержание сырого протеина» изучаемых образцов люцерны к стрессовым условиям (индекс $Y_{\min} - Y_{\max}$) была выше у K-27166 (-0,1%), K-47807 (-0,1%), K-45715 (-0,2%), K-47803 (-0,2%), K-42712 (-0,2%), K-47801 (-0,2%), K-47804 (-0,2%), K-42712 (-0,2%).

Практически эти же образцы имели более высокую степень соответствия между генотипом образца и факторами среды по этому признаку. Индекс $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$ был у них наивысший (19,67–20,73), у стандарта Ростовская 90 он равнялся 19,10.

Проведенная оценка уровня экологической пластичности по признаку «содержание сырого протеина» показала, что обладают большей отзывчивостью на изменения условий выращивания генотипы: K-36104 (bi = 4,19), K-43269 (2,25), K-43272 (2,02), K-48773 (3,23), K-48774 (6,78), K-48775 (5,87), K-48776 (3,60), K-48778 (2,52), K-42694 (6,34), K-45715 (1,89), K-47802 (5,55), K-47806 (7,35), K-42712 (2,18), K-39978 (10,79), K-43260 (3,06). У стандарта Ростовская 90 bi = 2,57.

Большей стабильностью реакции по признаку «содержание сырого протеина» (с меньшим коэффициентом Si²) были генотипы K-27116, K-43272, K-50545, K-42694, K-47801, K-47803, K-47804, K-47807, K-42712. У стандарта Ростовская 90 коэффициент Si² равнялся 0,39.

Выводы. Оценка образцов люцерны на наличие у них адаптивных свойств по признаку «урожайность зеленой массы» показала, что в настоящее время в практической селекционной работе наибольший интерес могут представлять образцы со слабой отзывчивостью на изменения условий среды (K-32873, K-33299, K-42684, K-42249, K-78803); с высокой устойчивостью к стрессам (K-36104, K-48778, K-42694, K-45715, K-47800, K-47802, K-43260); генетически гибкие генотипы (K-43272, K-50545, K-47806, K-47807);

При селекции по признаку «содержание сырого протеина» важны для дальнейшей работы образцы с высоким содержанием сырого протеина и устойчивые к изменению этого признака (K-47807, K-47804, K-42712). Эти образцы будут использоваться в селекционной работе.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В., Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А. Влияние сроков посева по различным предшественникам на урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1(67). С. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
2. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи // Российская сельскохозяйственная наука. 2015. № 1-2. С. 3–9.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Жученко А.А. Адаптивные системы селекции растений (эколого-генетические основы). М.: ООО «ОГО Русь», 2011. 1488 с.
5. 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.
6. Козлов Н.Н., Коровина В.Л., Макаренков М.А., Клименко И.А., Трухан В.А., Комкова Т.Н., Сидоров Е.А. Роль исходного материала в селекции кормовых культур // Кормопроизводство: проблемы и пути решения: сб. статей. М.: ФГБУ «Росинформагротех», 2007. С. 335–343.
7. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Справочник по кормопроизводству. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Россельхозакадемия, 2014. 717 с.
8. Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы

- (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 8. С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ 18.436.
9. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Том 51. № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
10. Kumar T., Bao A.K., Bao Z., Wang F., Gao L., Wang S.M., The progress of genetic improvement in alfalfa (*Medicago sativa* L.) // Czech. J. Genet. Plant Breed. 2018. 54(2). 41–51. DOI: 10.17221/46/2017-CJGPB.

References

1. Alabushev A.V., Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Suharev A.A. Vliyaniye srokov poseva po razlichnym predshestvennikam na urozhajnost' i kachestvo zerna myagkoj ozimoy pshenicy sorta Krasa Dona v yuzhnoy zone Rostovskoy oblasti [The effect of sowing dates and forecrops on productivity and grain quality of the winter soft wheat variety 'Krasa Dona' in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 1(67). S. 4–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10.
2. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N. Ocenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti inbrednykh liniy ozimoy rzhi [Estimation of ecological stability and adaptability of inbred lines of winter rye] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2015. № 1–2. S. 3–9.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of research results)]: uchebnik dlya vysshikh sel'skohozyajstvennykh uchebnykh zavedeniy. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Zhuchenko A.A. Adaptivnye sistemy selekcii rasteniy (ekologo-geneticheskie osnovy) [Adaptive systems of plant breeding (ecological and genetic basis)]. M.: OOO «OGO Rus'», 2011. 1488 s.
5. Zykin V.A., Belan I.A., YUsov V.S., Nedorezkov V.D., Ismailov R.R., Kadikov R.K., Islamgulov D.R. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rasteniy [Methodology for calculating and assessing the parameters of the ecological adaptability of agricultural plants]. Ufa, 2005. 100 s.
6. Kozlov N.N., Korovina V.L., Makarenkov M.A., Klimenko I.A., Truhan V.A., Komkova T.N., Sidorov E.A. Rol' iskhodnogo materiala v selekcii kormovykh kul'tur [The role of initial material in feed crops breeding] // Kormoproizvodstvo: problemy i puti resheniya: sb. statej. M.: FGBU «Rosinformagrotekh», 2007. S. 335–343.
9. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Spravochnik po kormoproizvodstvu [Handbook for godder production]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Rossel'hozacademiya, 2014. 717 s.
7. Mal'chikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskij YU.I. Velichina i stabil'nost' urozhajnosti sovremennogo selekcionnogo materiala yarovoj tverdoj pshenicy (*Triticum durum* Desf.) iz Rossii i Kazakhstana [The value and stability of the yield of modern breeding material of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2018. T. 22. № 8. S. 939–950. DOI: 10.18699/VJ 18.436.
8. Rybas' I.A. Povysheniye adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur [Improvement of adaptability in the breeding of grain crops] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. Tom 51. № 5. S. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
10. Kumar T., Bao A.K., Bao Z., Wang F., Gao L., Wang S.M., The progress of genetic improvement in alfalfa (*Medicago sativa* L.) // Czech. J. Genet. Plant Breed. 2018. 54(2). 41–51. DOI: 10.17221/46/2017-CJGPB.

Поступила: 10.03.21; принята к публикации: 12.04.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Игнатьев С.А., Регидин А.А., Кравченко Н.С., Горюнов К.Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.