

СЕЛЕКЦИЯ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ НА СОЗДАНИЕ ИНТЕНСИВНЫХ СОРТОВ С ВЫСОКОЙ КОРМОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ: РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ*

В. М. Косолапов, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН,
Е. В. Думачева, доктор биологических наук, **Л. Д. Сайфутдинова**

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса,
141055, Московская обл., Лобня, ул. Научный городок, корп. 1
E-mail: dumacheva63@mail.ru

Исследования проводили с целью оценки урожайности сухого вещества (СВ) селекционных образцов люцерны изменчивой, полученных многократным отбором биотипов, которые обладают высокой плодородностью в год посева («малолетние образцы» – МЛ-образцы), в сравнении с исходными селекционными сортами для выбора лучших из них. Работу выполняли в 2019–2023 гг. в условиях Белгородской области. Почва – чернозём типичный с содержанием гумуса (по Тюрину) – 4,8 %, $pH_{\text{сол}}$ – 6,6, содержание P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 122 и 180 мг/кг соответственно. Исследования выполняли в трех закладках (2019–2023 гг.) с рендомизированным расположением делянок, повторность – пятикратная. Делянки двурядные длиной 3,5 м с шириной междурядий 30 см. Многократным отбором из сортов люцерны Белгородская 86, Красноярская 1 и Красноярская 2 созданы МЛ-образцы Б-86 МЛ, К-1 МЛ и К-2 МЛ, которые отличаются от исходных генотипом быстрым развитием в первые годы жизни. МЛ-образцы превосходили по урожаю СВ исходные сорта в год посева в среднем за 2019–2021 гг. на 32,1...36,0 % ($p < 0,05$), на второй год жизни в среднем за 2020–2022 гг. – на 16,9...22,5 % ($p < 0,05$). Наибольшей урожайностью СВ характеризовалась популяция К-2 МЛ – в год посева она составила 490...553 г/м² (2019–2021 гг.), на второй жизни – 799...939 г/м² (2020–2022 гг.). Одновременно на четвертый год жизни сбор СВ у МЛ-образцов резко снижались (в среднем за 2022–2023 гг.). У образца Б-86 МЛ он составил 56,5 % от уровня сорта Белгородская 86, у К-1 МЛ – 56,1 % от сорта Красноярская 1 и у К-2 МЛ – 54,5 % сорта Красноярская 2. Изученные МЛ-образцы перспективны для создания сортов интенсивного типа с использованием в течение не более трех лет жизни.

SELECTION OF ALFALFA VARIETIES ON CREATION OF INTENSIVE VARIETIES WITH HIGH FODDER PRODUCTIVITY: RESULTS AND PROSPECTS*

V. M. Kosolapov, E. V. Dumacheva, L. D. Safutdinova

Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology,
141055, Moskovskaya obl., Lobnya, ul. Nauchnyygorodok, korp. 1
E-mail: dumacheva63@mail.ru

The research was conducted in 2019–2023 in Belgorod region to assess the dry matter (DM) yield of breeding samples of alfalfa variegated, obtained by repeated selection of biotypes with high fertility in the year of sowing («juvenile samples» – JS-samples), in comparison with the original breeding varieties to select the best ones. Soil – typical chernozem with humus content (according to Tyurin) – 4.8 %, pH_{sol} – 6.6, P_2O_5 and K_2O content (according to Chirikov) – 122 and 180 mg/kg, respectively. The research was carried out in three plots (2019–2023) with a randomised arrangement of plots, the repetition was fivefold. The plots were double rowed with a length of 3.5 m and row spacing width of 30 cm. Multiple selection from alfalfa varieties (Belgorodskaya 86, Krasnoyarskaya 1, Krasnoyarskaya 2) resulted in the creation of JS-samples: B-86 JS, K-1 JS and K-2 JS, which differed from the original varieties by rapid development in the first years of life. JS-samples surpassed the initial varieties by 32.1...36.0 % ($p < 0.05$) in terms of DM yield in the year of sowing on average for 2019–2021, and by 16.9...22.0 % ($p < 0.05$) in the second year of life on average for 2020–2022, – by 16.9...22.5 % ($p < 0.05$). The highest DM B yield was characterised by the K-2 JS-samples, with a yield of 490...553 g/m² in the year of sowing (2019–2021) and 799...939 g/m² in the second life year (2020–2022). At the same time, ML samples sharply reduced DM yield in the fourth year of life (averaged over 2022–2023). Thus, in B-86 JS-samples it was 56.5 % of the variety Belgorodskaya 86, in K-1 JS – 56.1 % of the variety Krasnoyarskaya 1 and in K-2 JS – 54.5 % of the variety Krasnoyarskaya 2. The studied JS-samples are promising for creation of intensive type varieties using grass stands of not more than three years of life.

Ключевые слова: люцерна изменчивая (*Medicago varia* Mart.), урожай сухого вещества, селекция, морфологические признаки, отбор в год посева, дисперсионный анализ.

Key words: *Medicago varia* Mart., dry matter yield, breeding, morphological traits, selection of juvenile forms, analysis of variance

Люцерна – важная кормовая многолетняя культура, широко используемая в животноводстве. Поэтому в современных условиях постоянно разрабатывают технологические приемы увеличения урожайности и качества ее биомассы [1, 2, 3], а также ведут активную селекцию с учетом особенностей регионов возделывания [4, 5].

Селекционная работа с люцерной в мире главным образом направлена на повышение объемов произ-

водства и улучшение качества корма (содержание и переваримость протеина, снижение концентрации антипитательных веществ, а также улучшения морфобиологических свойств, в первую очередь повышение доли листьев и снижение грубости биомассы) [6, 7]. Селектируют люцерну и по признакам семенной продуктивности [8, 9].

Существует ряд причин, значительно замедляющих селекцию этой культуры и снижающих эффективность

*исследования выполнены при поддержке Нацпроекта «Наука и университеты» на создание молодежной лаборатории в рамках Госзадания FGGW-2022-0013 «Разработка теоретических основ ускорения интродукции, селекции и повышения эффективности семеноводства сельскохозяйственных растений на основе оценки сопряженности фундаментальных физиологических процессов».

создания сортов необходимого качества, которые обусловлены полигенным наследованием количественных и качественных признаков, трудностями отбора гибридов и чистых линий, инцухт-депрессией, полиплоидностью культуры, высоким уровнем неаддитивной дисперсии и др. [10, 11, 12]. Особое препятствие – длительный цикл отбора, связанный с многолетним циклом использования люцерны, из-за которого оценка селекционного материала растягивается на несколько лет, длительный период вхождения в генеративную фазу, часто наблюдаемая диспропорция между урожайностью семян и кормовой массы. Селекция проводится в основном по фенотипу с тестированием потомства или без него. Циклы размножения занимают от 3 до 5 лет [2, 13, 14].

Основой ускорения селекционного процесса люцерны могут стать положения теорий репродуктивных стратегий г- и К- отборов Маклиода-Пианка (селекция на преобладание рудеральных (г-отбор) или конкурентных (К-отбор) форм), а также конкурентных CRS-стратегий Грайма, которые обосновывают возможность направленного отбора у видов со смешанной стратегией в сторону рудеральности, стресс-толерантности или конкурентоспособности [15, 16].

В исследованиях, проведенных с видом *Medicago varia* Mart., были получены положительные результаты с закреплением в потомстве свойств, характерных для стресс-толерантной и конкурентной стратегии растений. В процессе отбора на провокационном фоне отмечена элиминация из популяций малолетних и неустойчивых форм. Выделены устойчивые биотипы с высоким экологическим потенциалом, конкурентоспособностью в злаково-бобовых травостоях [8]. На основе этих биотипов создан новый селекционный материал, отличный от исходных популяций, как по морфологическим, так и по биохимическим свойствам. Результаты исследований были использованы в практической селекции при создании новых сортов [17, 18].

Положения теорий репродуктивных стратегий г- и К-отборов, а также стратегий Грайма можно использовать и в обратной селекции (по типу г-отбора) с выделением быстрорастущих и быстро созревающих форм, жизненная стратегия которых направлена на формирование максимальной семенной продуктивности в первые годы жизни. На основе этой концепции отработаны практические приемы укоренной селекции *M. varia*. Показана возможность сокращения сроков размножения люцерны с получением семян в год посева. Установлено, что биотипы, показывающие высокую семенную продуктивность в год посева, формируют наибольший урожай семян в целом. Отбор наиболее продуктивных биотипов позволяет создавать селекционные популяции – возможные доноры и источники признаков высокой семенной продуктивности люцерны [19] и потенциальный исходный материал для супер интенсивных сортов [20]. При этом сорта люцерны должны обеспечивать создания больших объемов корма требуемого качества в сочетании с достаточно высокой урожайностью семян, что остается одной из самых больших проблем в селекции культуры во всем мире [21, 22, 23].

В связи с изложенным, необходимо изучить влияние отбора биотипов с высокой семенной продуктивностью в год посева (фактически, направленного г-отбора), на кормовую продуктивность созданных в процессе его реализации новых популяций и селекционного материала люцерны, в сравнении с исходными сортами и селекционными образцами.

Цель исследования – оценка урожайности сухого вещества и морфо-биологических свойств селекционных

образцов люцерны изменчивой (*M. varia*), созданных путем многократного отбора биотипов, плодоносящих в год посева, в сравнении с исходными селекционными сортами, для выбора лучших из них.

Методика. Исходный материал для селекции люцерны изменчивой (*M. varia*) был создан в предыдущих многолетних исследованиях [8, 17, 19]. Схема селекционного процесса была направлена на непрерывный отбор биотипов с высокой семенной продуктивностью в год посева в течение девяти поколений.

Исходные формы (генерация g0) были созданы в 2000 г. путем сбора семян в год посева трех селекционных образцов:

сорт Белгородская 86;

селекционный образец ППЛ 2/12 (с 2016 г. сорт Краснаяружская 1), созданный методом поликросса при скрещивании отборов из сортов Белгородская 86, Ladak, Mark II и местных популяций люцерны изменчивой, произрастающих на меловых обнажениях;

селекционный образец ППЛ 5/32 (с 2016 г. сорт Краснаяружская 2), выведенный методом поликросса при скрещивании отборов из сортов Белгородская 86, местная из Италии (к-5558), Еуропа, Ярославна.

Выбор в качестве объектов исследований именно этих образцов обусловлен известностью их происхождения и понятной схемой селекции.

В процессе дальнейшей селекционной работы в 2000–2018 гг. были проведены отборы биотипов с высокой семенной продуктивностью в год посева в девяти генерациях:

g1 – 2000 г., в малом станционном сортоиспытании (научное селекционно-семеноводческое предприятие ООО «Белтравы», Белгородская область);

g2...g4 – 2003, 2005, 2007 гг., в конкурсных сортоиспытаниях (научное селекционно-семеноводческое предприятие ООО «Белтравы», Белгородская область);

g5 – 2009 г., в межстанционном конкурсном сортоиспытании (ЗАО «Краснаяружская зерновая компания», Белгородская область);

g6...g9 – 2011, 2014, 2017, 2018 гг., при размножении на изолированных участках (ЗАО «Краснаяружская зерновая компания», Ботанический сад Белгородского государственного исследовательского университета «НИУ БелГУ», семеноводческое предприятие ИП «С. А. Мавродин»).

В результате на основе использования зародышевой плазмы исходных сортов Белгородская 86, Краснаяружская 1 и Краснаяружская 2 были сформированы три селекционных образца с рабочим названием «малолетние образцы» (МЛ-образцы): Б-86 МЛ, К-1 МЛ, К-2 МЛ. Схема опытов предусматривала сравнительные испытания отобранных популяций с исходными сортами, принятыми за контроль.

Полевые исследования проводили в 2019–2023 гг. на селекционно-семеноводческом участке ИП «С. А. Мавродин» (с. Драгунское, Белгородский район, Белгородская область) в рамках совместных научных исследований при подготовке кадров высшей научной квалификации учеными Белгородского государственного национального исследовательского университета (НИУ «БелГУ») и Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»).

В периоды вегетации с температурой более 10 °С в годы исследований складывались различные метеословия. В наиболее засушливом 2019 г. выпало 288,6 мм осадков, или 79,7 % от среднеемкоголетних значений, при ГТК=0,79. В 2020 г. их сумма составила 302,4 мм (83,5 %

от нормы) с ГТК=0,99. В 2021 г. выпало минимальное количество осадков за период исследований 273,2 мм (75,4 % от нормы), однако благодаря более низким среднемесячным температурам величина ГТК была близка к единице (ГТК=0,98). Вегетационные периоды 2022 и 2023 гг. характеризовались большим количеством осадков. В 2022 г. при ГТК=1,38 их сумма была равна 399,6 мм, что составило 110,4 % от нормы. Самым влажным оказался 2023 г., когда за вегетационный период выпало 420,1 мм осадков (116,0 % от нормы), а ГТК был равен 1,5 при среднемноголетних величинах этих показателей соответственно 362 мм и ГТК=1,12.

Почва опытного участка – чернозём типичный со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,7...5,0 %, $pH_{\text{сол}}$ – 6,5...6,8 ед., содержание P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 120...125 мг/кг и 170...190 мг/кг соответственно.

Исследования выполняли в трех закладках, методом полной рендомизации – 2019 г., 2020 г. и 2021 г. по стандартным методикам [24]. Срок использования травостоев закладки 2019 и 2020 гг. – 4 года, 2021 г. – 3 года. Растения размещали на двурядных делянках длиной 3,5 м с шириной междурядий 30 см. Расстояние между делянками – 50 см. Повторность – пятикратная. Стандарт – сорт Белгородская 86. Посев осуществляли однорядной ручной сеялкой с нормой высева 100 шт. всхожих семян на 1 погонный метр.

Предшественник – чистый пар. Обработка почвы – вспашка на глубину 20...22 см, предпосевная культивация – на 3...4 см, после которого проводили предпосевное прикатывание. Удобрения и химические препараты на селекционных посевах не использовали.

Учет зеленой массы выполняли поделочно со скашиванием травостоя вручную 2 раза за сезон в фазе бутонизации на уровне 2 см от уровня почвы. Для определения содержания сухого вещества (СВ) зеленую массу высушивали в сушильном шкафу при температуре

105 °С. Содержание общего протеина измеряли в растительных образцах, высушенных при температуре 75 °С. Обработку урожайных данных осуществляли методом двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – генотип исходного сортообразца, фактор В – влияние отбора (сравнение МЛ-образцов с соответствующим исходным сортом). За влияние условий года были приняты повторения в таблице дисперсионного анализа [25].

На отдельных растениях оценивали следующие морфологические признаки: длина генеративного стебля, см (30 растений); длина и ширина центрального листочка тройчатого листа в среднем ярусе, см (90 растений); соотношение длины к ширине листа; облиственность, %. Такие учеты проводили только в первом укосе [26].

Различия между морфологическими признаками оценивали с использованием t-критерия, сравнивая попарно созданные МЛ-образцы и исходные сорта. Это позволило оценить достоверность влияния на них проведенного селекционного отбора. Силу влияния факторов на результативные признаки рассчитывали методом Снедекора [27].

Результаты и обсуждение. Все МЛ-образцы в первый и второй годы жизни достоверно превосходили по высоте стеблей растения исходных сортов в среднем за 2019–2021 гг. – на 7,8...10,1 см, за 2020–2022 гг. – на 12,7...17,2 см при $p<0,05$ (табл. 1). На третий год жизни травостоев отмеченная тенденция сохранилась. Растения селекционного образца Б-86 МЛ достоверно превысили сорт Белгородская 86 по высоте на 8,8 см; образца К-1 МЛ Краснояружскую 1 – на 4,4 см (при $p<0,05$). При этом достоверной разницы между вариантами К-2 МЛ и Краснояружская 2 не установлено. На четвертый год жизни высота всех изученных малолетних селекционных образцов была достоверно ($p<0,05$) меньше, чем у исходных сортов, на 22...25 см.

В первые три года жизни МЛ-образцы отличались большей облиственностью, по сравнению с исходными сортами: в первый год жизни – на 6,6...10,5 % ($p<0,05$),

Табл. 1. Морфометрические показатели сортов и селекционных образцов в различные годы жизни

Генотип	Длина стебля, см		Облиственность, %		Длина листа, см		Ширина листа, см		Соотношение ширина/длина листа	
	$M \pm m^*$	t_f	$M \pm m$	t_f	$M \pm m$	t_f	$M \pm m$	t_f	$M \pm m$	t_f
Первый год жизни (среднее за 2019–2021 гг.)										
Белгородская86 (к-1)	78,1±3,0	2,48	44,7±1,2	3,80	2,7±0,1	3,15	1,4±0,1	3,57	0,51±0,02	3,37
Б-86 МЛ	85,9±1,6		51,3±1,2		4,0±0,4		2,4±0,3		0,60±0,01	
Краснояружская 1(к-2)	78,0±2,4	2,36	46,7±1,2	4,56	2,7±0,1	7,60	1,4±0,1	9,27	0,52±0,02	2,53
К-1 МЛ	88,1±1,9		54,2±1,1		4,4±0,2		2,6±0,1		0,60±0,03	
Краснояружская 2(к-3)	76,9±2,7	2,58	43,9±1,1	6,36	2,9±0,1	3,52	1,4±0,1	3,83	0,50±0,01	8,39
К-2 МЛ	86,8±2,6		54,4±1,2		4,2±0,4		2,4±0,2		0,57±0,01	
Второй год жизни (среднее за 2020–2022 гг.)										
Белгородская86 (к-1)	92,4±1,4	9,67	52,9±1,3	4,08	3,5±0,2	2,22	1,7±0,3	2,05	0,50±0,07	0,80
Б-86 МЛ	105,1±0,6		58,8±0,6		4,3±0,3		2,5±0,2		0,58±0,07	
Краснояружская 1(к-2)	100,6±1,5	6,44	54,0±0,5	5,30	3,3±0,1	12,02	1,7±0,1	9,16	0,51±0,01	3,35
К-1 МЛ	120,2±3,3		59,0±0,8		5,0±0,1		2,8±0,1		0,56±0,01	
Краснояружская 2 (к-3)	106,6±3,0	6,50	51,5±0,4	3,79	2,8±0,1	5,41	1,4±0,1	5,91	0,49±0,02	4,25
К-2 МЛ	123,8±3,2		55,3±0,8*		4,8±0,4		2,7±0,2		0,56±0,01	
Третий год жизни (среднее за 2021–2023 гг.)										
Белгородская86 (к-1)	96,2±1,5	6,34	53,0±1,8	1,39	3,5±0,2	1,37	2,2±0,1	0,58	0,64±0,03	0,97
Б-86 МЛ	105,0±2,0		55,9±1,2		3,1±0,2		2,3±0,1		0,74±0,10	
Краснояружская 1(к-2)	102,4±1,6	6,54	54,7±0,9	2,09	3,4±0,1	1,31	2,0±0,1	2,05	0,59±0,05	2,65
К-1 МЛ	106,8±0,5		57,5±1,0		3,1±0,2		2,4±0,1		0,75±0,04	
Краснояружская 2 (к-3)	108,9±1,5	1,38	51,7±0,4	5,51	3,1±0,1	0,24	1,8±0,1	3,71	0,58±0,02	4,99
К-2 МЛ	112,7±0,9		56,7±0,8		3,1±0,1		2,3±0,1		0,76±0,03*	
Четвертый год жизни (среднее за 2022–2023 гг.)										
Белгородская86 (к-1)	79,2±2,5	7,56	52,9±1,0	0,37	2,0±0,1	2,83	1,3±0,1	0,32	0,68±0,05	1,79
Б-86 МЛ	54,2±2,2		52,3±1,0		1,6±0,1		1,3±0,1		0,81±0,06	
Краснояружская 1(к-2)	71,7±6,3	3,26	55,7±0,9	3,03	1,9±0,1	4,91	1,4±0,1	3,14	0,73±0,05	2,23
К-1 МЛ	49,7±2,3		52,5±0,6		1,2±0,1		1,1±0,1		0,88±0,04	
Краснояружская 2 (к-3)	76,8±2,5	8,98	51,1±0,7	0,42	1,6±0,1	4,02	1,1±0,1	0,42	0,74±0,01	2,84
К-2 МЛ	52,7±1,0		51,6±0,8		1,1±0,1		1,1±0,1		1,00±0,09	
t_{05}	2,00		2,00		1,96		1,96		1,96	

*M – средняя, m – ошибка средней, t_f – фактическое значение t-критерия, t_{05} – критические значения t-критерия Стьюдента при $p<0,05$.

во второй – на 3,8...5,9 % ($p < 0,05$). На третий год жизни между образцом Б-86 МЛ и сортом Белгородская 86 существенных различий по величине этого показателя не установлено при аналогичной тенденции, а у образцов К-1 МЛ и К-2 МЛ достоверное превосходство над контролями составило соответственно 2,8 % и 5,0 % ($p < 0,05$). В посевах четвертого года жизни различия между контрольными вариантами и МЛ-образцами не установлено.

В целом наши данные согласуются с результатами других авторов, в исследованиях которых селекция родительских форм, направленная на повышение урожайности зеленой массы, основывалась на фенотипическом отборе по соотношению листьев и стеблей с последующим генотипическим отбором по урожайности [6, 10]. В первую очередь это касается признака облиственности, который характеризуется высокой степенью геномной предсказуемости, обусловленной тесной сопряженностью между фенотипической и генотипической составляющей, что делает такой признак особенно ценным для селекции на кормовую продуктивность [7, 28].

Исследования морфологических свойств, от которых зависит площадь листьев, показали, что у МЛ-образцов в первые два года жизни они были крупнее, чем у исходных сортов. В первый год жизни травостоя (в среднем за 2019–2021 гг.) длина листьев МЛ-образцов была больше ($p < 0,05$), чем у контрольных сортов, на 1,3...1,7 см, ширина – на 1,0...1,2 см. На второй год жизни различия составляли соответственно 0,8...2,0 см и 0,8...1,3 см. Наиболее крупными листьями характеризовался селекционный образец К-2 МЛ.

При оценке соотношения ширины к длине листьев, можно отметить тенденцию формирования у МЛ-образцов листьев широколанцетной формы, ближе к овальной. У растений исходных сортов она была ближе к ланцетной. В среднем за 2019–2021 гг. соотношение ширина : длина листьев в первый год жизни у МЛ-образцов находилось на уровне 0,57...0,60, у растений исходных сортов – 0,50...0,52. На второй год жизни люцерны растения всех селекционных образцов имели более крупные листья с явным превосходством у МЛ-образцов, у которых длина варьировала от 4,3 до 5,0 см, ширина – от 2,5 до 2,8 см, что достоверно ($p < 0,05$) больше, чем у контрольных сортов соответственно на 0,8...2,0 см и 0,8...1,3 см.

На четвертый год жизни тенденция изменилась. На растениях МЛ-образцов отмечали формирование достоверно более мелких, чем у исходных сортов, листьев с длиной меньше на 0,4...0,7 см и шириной на одном уровне (в пределах 1,1...1,3 см). Кроме того, отмечена тенденция формирования листьев округлой формы (соотношение ширины к длине в пределах 0,81...1,00). Возможно, такой эффект связан с поражением МЛ-образцов вирусно-микоплазменной инфекцией, вредоносность которой выше для более облиственных растений. Это согласуется с результатами предыдущих исследований, проведенных в этой же зоне, в которых вирусно-микоплазменной инфекцией в большей степени поражались продуктивные высокобелковые сорта [23].

По литературным данным формирование сухого вещества – сложный признак, наследуемость которого варьирует от умеренной до низкой (доля генотипически обусловленной изменчивости в общей изменчивости признака равна 0,15...0,30 ед.). Несмотря на значительные достижения в селекции на продуктивность, схемы отбора по этому признаку требуют доработки к конкретным условиям возделывания сортов [12].

Табл. 2. Урожайность сухого вещества, г/м²

Сорт, селекционный образец	Период исследований и годы жизни травостоев			
Первый год жизни				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	в среднем
Белгородская-86 (к-1)	244	314	300	286
Б-86 МЛ	358	401	407	389
Краснояржская 1(к-2)	331	375	368	358
К-1 МЛ	462	491	507	487
Краснояржская 2 (к-3)	350	396	425	390
К-2 МЛ	490	501	553	515
НСР ₀₅	45	36	46	25
Второй год жизни				
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем
Белгородская-86 (к-1)	523	530	584	546
Б-86 МЛ	646	632	728	669
Краснояржская 1(к-2)	706	695	675	692
К-1 МЛ	851	751	824	809
Краснояржская 2 (к-3)	729	725	712	722
К-2 МЛ	939	799	894	877
НСР ₀₅	74	48	55	70
Третий год жизни				
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	в среднем
Белгородская-86 (к-1)	515	554	845	638
Б-86 МЛ	482	514	717	571
Краснояржская 1(к-2)	565	656	918	713
К-1 МЛ	519	613	733	622
Краснояржская 2 (к-3)	534	665	980	726
К-2 МЛ	489	609	817	638
НСР ₀₅	15	29	51	86
Четвертый год жизни				
	2022 г.	2023 г.		в среднем
Белгородская-86 (к-1)	276,8	321	-	299
Б-86 МЛ	195	172	-	184
Краснояржская 1(к-2)	298,2	326	-	312
К-1 МЛ	203	191	-	197
Краснояржская 2 (к-3)	225,4	342	-	284
К-2 МЛ	168	183	-	176
НСР ₀₅	52	85	-	108

В наших исследованиях установлены статистически значимые ($p < 0,05$) различия по урожайности СВ между МЛ-образцами и исходными сортами в различные годы жизни травостоев. Все МЛ-образцы достоверно превосходили исходные контрольные сорта в год посева в среднем за 2019–2021 гг. по урожаю СВ на 32,1...36,0 %, во второй год жизни в среднем за 2020–2022 гг. – на 16,9...22,5 %. Наибольшую продуктивность СВ в этот период обеспечивал селекционный образец К-2 МЛ, урожайность которого в среднем за два года пользования (2019–2022 гг.) составила 696 г/м² (табл. 2).

На третий год жизни ситуация изменилась. Достоверных различий между сбором СВ популяции Б-86 МЛ и исходным сортом не установлено. В то же время МЛ-образцы К-1 МЛ и К-2 МЛ значительно уступали контрольным вариантам в среднем за 2021–2023 гг. соответственно на 13,8...14,6 %.

Наибольшее снижение урожайности СВ у МЛ-образцов отмечено на четвертый год жизни. В среднем за 2022–2023 гг. у селекционного образца Б-86 МЛ она составила 61,5 % от величины этого показателя у сорта Белгородская 86; у образца К-1 МЛ – 63,1 % от Краснояржской 1; у образца К-2 МЛ – 61,9 % от Краснояржской 2.

Дисперсионный анализ результативного признака «урожайность СВ» в различные годы использования травостоев в 2019–2023 гг. свидетельствует о значимом влиянии основных факторов «генотип исходного сорта» и «влияние отбора» в первые три года жизни (табл. 3). Достоверного влияния взаимодействия факторов не выявлено. Сила влияния фактора «генотип исходного сорта» на результативный признак «урожайность СВ в первый год жизни» в среднем за 2019–2023 гг. была достоверной ($h^2_A = 36,2$ %), во второй год использо-

Табл. 3. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа и сила влияния факторов на урожайность СВ люцерны изменчивой

Урожайность СВ	Источник вариации	D	n-1	s ²	F _ф	F _{0.05}	h ² _х
В первый год жизни (2019–2021 гг.)	общее	117911	17	-	-	-	100,0
	влияние условий года	9530	2	-	-	-	8,1
	случайное	1911	10	191	-	-	1,6
	генотип исходного сорта (А)*	42739	2	21369	111,8	4,1	36,2
	влияние отбора (В)*	63156	1	63156	330,5	5,0	53,6
	А×В	575	2	287	1,5	4,1	0,5
Во второй год жизни (2020–2022 гг.)	общее	223261	17	-	-	-	100,0
	влияние условий года	8397	2	-	-	-	3,8
	случайное	15421	10	1542	-	-	6,9
	генотип исходного сорта (А*)	120146	2	60073	39,0	4,1	53,8
	влияние отбора (В)*	78031	1	78031	50,6	5,0	35,0
	А×В	1267	2	633	0,4	8,8	0,6
На третий год жизни (2021–2023 гг.)	общее	399236	17	-	-	-	100,0
	влияние условий года	324816	2	-	-	-	81,4
	случайное	23032	10	2303	-	-	5,8
	генотип исходного сорта (А)*	20563	2	10282	4,5	4,1	5,2
	влияние отбора (В)*	30289	1	30289	13,2	5,0	7,6
	А×В	536	2	268	0,1	8,8	0,1
На четвертый год жизни (2022–2023 гг.)	общее	208905	11	-	-	-	100,0
	влияние условий года	11894	1	-	-	-	5,7
	случайное	16945	5	3389	-	-	8,1
	генотип исходного сорта (А)	1809	2	905	0,3	9,0	0,9
	влияние отбора (В)*	178169	1	178169	52,6	6,6	85,3
	А×В	87	2	44	0,0	9,0	0,0

D – сумма квадратов отклонений (девианта); s² – дисперсия; n-1 – число степеней свободы; h²_х – сила влияния на результирующий признак;

* – влияние достоверно при p < 0,05.

вания травостоев она увеличивалась, занимая в среднем за 2020–2022 гг. наибольшую долю в общей дисперсии результирующего признака «урожайность СВ во второй год жизни» (h²_А = 53,8 %). Несмотря на небольшую долю участия «условий года» в результирующем признаке «урожайность СВ на третий год жизни» (h²_А = 5,2 %) в среднем за 2021–2023 гг. нулевую гипотезу его влияния необходимо отвергнуть (F_ф/F_{0.05} = 1,1). К четвертому году жизни влияние генотипа было недостоверным (F_ф < F_{0.05}).

Значительное влияние во все годы использования травостоев оказывал фактор «влияние отбора». Сила его воздействия на результирующий признак «урожайность СВ» варьировала от минимально достоверной (h²_В = 7,6 %) на третий год жизни травостоев в среднем за 2021–2023 гг. до максимальной в травостоях четвертого года жизни в среднем за 2022–2023 гг. (h²_В = 85,3 %). Полученные результаты подтверждают рабочую гипотезу об эффективности использования теории жизненных стратегий Грейма и г-отбора для создания селекционного материала люцерны изменчивой с рядом положительных свойств кормовой продуктивности в первые годы жизни.

Выводы. Использование многократного отбора из трех сортов люцерны (Белгородская 86, Краснояружская 1, Краснояружская 2) биотипов с высокой семенной продуктивностью в год посева позволило создать селекционные образцы (МЛ-образцы), которые достоверно (p < 0,05) превосходят исходные сорта в год посева по урожаю СВ на 32,1...36,0 %, во второй год жизни – на 16,9...22,5 %. Наибольший сбор сухого вещества отмечен у селекционного образца К-2 МЛ: в год посева – 490...553 г/м², на второй жизни травостоев – 799...939 г/м².

Вместе с тем, все созданные селекционные МЛ-образцы характеризуются резким снижением кормовой продуктивности на четвертый год использования травостоев: в среднем за 2022–2023 гг. сбор СВ у образца Б-86 МЛ составил 56,5 % от уровня исходного сорта Белгородская 86; у К-1 МЛ – 56,1 % от сорта Краснояружская 1 и у К-2 МЛ – 54,5 % от сорта Краснояружская 2.

Изученные селекционные образцы перспективны для создания сортов суперинтенсивного типа с использованием травостоев в течение не более трех лет жизни.

Литература.

1. Тимошкин О. А. Урожайность и биологическая эффективность возделывания смешанных посевов люцерны изменчивой и костреца безостого // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 7. С. 12–18.
2. Чернявских В. И. Продуктивность бобовых трав и их травосмесей со злаками на черноземе карбонатном эродированном в условиях юго-запада ЦЧР // *Кормопроизводство*. 2009. № 9. С. 16–19.
3. Приемы повышения семенной продуктивности люцерны / Ш. М. Абасов, М. Ш. Гаплаев, М. Ш. Абасов и др. // *Земледелие*. 2021. № 7. С. 40–43.
4. Результаты изучения нового сорта люцерны изменчивой Сударыня / С. А. Игнатъев, А. А. Регидин, К. Н. Горюнов и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 8. С. 25–29.
5. Володина И. А., Марунова Л. К. Изучение комбинационной способности сортопопуляций люцерны изменчивой (*Medicago varia* L.) для успешной селекции в условиях Среднего Поволжья // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 3 (55). С. 86–95.
6. Annicchiarico P. Alfalfa forage yield and leaf/stem ratio: Narrow-sense heritability, genetic correlation, and parent selection procedures // *Euphytica*. 2015. Vol. 205. P. 409–420. doi: 10.1007/s10681-015-1399-y.
7. Genomic Prediction for 25 Agronomic and Quality Traits in Alfalfa (*Medicago sativa*) / C. Jia, F. Zhao, X. Wang, et al. // *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 9. Article 1220. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01220/full> (дата обращения 17.10.2023). doi: 10.3389/fpls.2018.01220.
8. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Влияние способа возделывания люцерны гибридной на семенную продуктивность потомства первого поколения на карбонатных почвах Центрально-Чернозёмного региона // *Кормопроизводство*. 2014. № 2. С. 23–25.
9. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021. Т. 25. № 4.

- C. 401–407. doi: 10.18699/VJ21.044.
10. Genomic prediction for canopy height and dry matter yield in alfalfa using family bulks / M. H. M. L. Andrade, J. P. Acharya, J. Benevenuto, et al. // *The Plant Genome*. 2022. Vol. 15. Article e20235. URL: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tpg2.20235> (дата обращения 17.10.2023). doi: 10.1002/tpg2.20235.
 11. The History of Domestication and Selection of Lucerne: A New Perspective from the Genetic Diversity for Seed Germination in Response to Temperature and Scarification / W. Ghaleb, L. Q. Ahmed, A. J. Escobar-Gutierrez, et al. // *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 11. Article 578121. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.578121/full> (дата обращения 17.10.2023). doi: 10.3389/fpls.2020.578121.
 12. Breeding Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Adapted to Subtropical Agroecosystems / J. P. Acharya, Y. Lopez, B. T. Gouveia, et al. // *Agronomy*. 2020. Vol. 10. No. 5. Article 742. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/5/742> (дата обращения 17.10.2023). doi: 10.3390/agronomy10050742.
 13. Achievements and Challenges in Improving Temperate Perennial Forage Legumes / P. Annicchiarico, B. Barrett, E. Ch. Brummer, et al. // *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2015. Vol. 34. No. 1–3. P. 327–380. doi: 10.1080/07352689.2014.898462.
 14. Annicchiarico P., Pecetti L. Comparison among nine alfalfa breeding schemes based on actual biomass yield gains // *Crop Science*. 2021. Vol. 61. P. 2355–2370. doi: 10.1002/csc2.20464.
 15. Миркин Б. М., Усманов И. Ю., Наумова Л. Г. Типы стратегий растений: место в системах видовых классификаций и тенденции развития // *Журн. общ. биол.* 1999. Т. 60. № 6. С. 581–595.
 16. Grime J. P. Vegetation classification by reference to strategies // *Nature*. 1974. Vol. 250. No. 5461. P. 26–31. doi: 10.1038/250026a0.
 17. Чернявских В. И. Рекуррентная селекция как основа повышения продуктивности люцерны в Центрально-Чернозёмном Регионе // *Кормопроизводство*. 2016. № 12. С. 40–44.
 18. Косолапов В. М., Чернявских В. И. Достижения ФНЦ «ВИК имени В. Р. Вильямса» в изучении кормовых растений // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023. № 1. С. 34–38. doi: 10.31857/2500-2082/2023/1/34-38.
 19. Селекция и семеноводство люцерны и других трав: моногр. / И. К. Ткаченко, Н. А. Сурков, В. И. Чернявских и др. Белгород: Крестьянское дело, 2005. 392 с.
 20. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Биологический потенциал бобовых трав в естественных сообществах эрозионных агроландшафтов Центрального Черноземья // *Кормопроизводство*. 2014. № 4. С. 8–11.
 21. Legume Seed Production Meeting Market Requirements and Economic Impacts / B. Boelt, B. Julier, D. Karagic, et al. // *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2015. Vol. 34. No. 1–3. P. 412–4427. doi: 10.1080/07352689.2014.898477.
 22. Development of a Model, Selection and Evaluation of the Source Material for the Plant Breeding of Alfalfa Varieties with Increased Seed Productivity / G. T. Ualiyeva, U. M. Sagalbekov, M. E. Baidalin, et al. // *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 22. No. 1. P. 139–148. doi: 10.3844/ojbsci.2022.139.148.
 23. Экологическое изучение сортообразцов люцерны различного географического происхождения в условиях юга Среднерусской возвышенности / М. А. Тормозин, В. И. Чернявских, Л. Д. Сайфутдинова и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2023. № 1. С. 20–24.
 24. Методические указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав / сост.: П. А. Лубенец, А. И. Иванов, Ю. И. Кириллов и др. Л.: ВИР, 1979. 42 с.
 25. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
 26. UPOV TG/6/4 «Guidelines For The Conduct Of Tests For Distinctness, Homogeneity And Stability (*Medicago sativa* L. & *Medicago X varia* Martyn)». Original: English/anglais/englisch Date/Datum: 1988–10–21. URL: https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg006_04.pdf (дата обращения: 18.10.2023).
 27. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.
 28. Тормозин М. А., Чернявских В. И. Реализация продуктивного потенциала популяций *Medicago varia* Mart. в условиях среднего Урала // *Кормопроизводство*. 2022. № 10. С. 18–22. doi: 10.31857/S2500262723010040.

Поступила в редакцию 05.10.2023

После доработки 21.10.2023

Принята к публикации 10.11.2023