

АНАЛИЗ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТОПАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

Ж. А. Бородаева^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», г. Лобня Московской области, Россия,

²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Россия, borodaeva@mail.ru

Представлены результаты оценки восьми селекционных сортов и новых сортопопуляций люцерны изменчивой на высокопродуктивных черноземах полевого севооборота, дерново-луговой почве лугового экотопа и супесчаном черноземе в Центрально-Черноземном регионе. Результативные признаки «Продуктивность сухого вещества» и «Урожай семян» зависят от фактора «Экотоп» на 68,7 и 63,58 % соответственно. Дана оценка семенной продуктивности сортопопуляций и морфоанатомическим особенностям ее формирования в зависимости от условий произрастания. Сделан вывод о необходимости проводить анализ исходного материала люцерны изменчивой на ранних этапах селекции в экотопах, характерных для региона планируемого возделывания.

Ключевые слова: экологическая селекция, кормовая продуктивность, семенная продуктивность, *tf*-мутация, метод поликросса, дисперсионный анализ, доля влияния факторов.

Проблема устойчивого производства высококачественных кормов из люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в необходимом количестве связана с особенностью размещения многолетних бобовых трав в различных экотопах агроландшафтов [1–3].

Традиционно кормовые многолетние травы реже размещаются на высокоплодородных черноземах, чаще — на низкопродуктивных, эродированных, песчаных почвах [4–6].

Сорта трав, особенно люцерны, как наиболее интенсивной и ценной культуры кормопроизводства на основе многолетних трав, обеспечивают не одинаковую урожайность на почвах с различным плодородием. Часто сорта, высокопродуктивные на почвах с высоким плодородием, оказываются неэффективными на низкопродуктивных почвах [7–9].

В селекционной практике на ранних этапах сортоиспытания необходима одновременная оценка исходного материала в различных условиях экотопов региона, в котором будут использоваться сорта [10–12]. В связи с этим важной научной проблемой становится экологическое изучение селекционно-генетического материала в различных экотопах с комплексной оценкой исходного материала для создания как высоко-

специализированных сортов, так и сортов с высоким адаптационным потенциалом [13–14].

Предыдущими исследованиями было показано, что различные сортопопуляции *M. varia* Mart отличаются значительной дифференциацией семенной и кормовой продуктивности в зависимости от экотопов, в которых они возделываются [15–17].

Разработаны методы, позволяющие дифференцировать селекционные образцы люцерны и других бобовых трав с использованием метода ризосферных индексов и индекса железа [18; 19]. Усовершенствованный метод микроклонального размножения *in vitro* позволяет ускоренно размножать селекционные формы *M. varia* Mart. [20].

Сортопопуляции люцерны при возделывании в различных экологических условиях агроландшафтов обеспечивают экономическую эффективность различного уровня, зависящую не от потенциальной урожайности сортов, а их адаптивности к условиям экотопа [13; 14].

В связи с этим ведутся исследования местного исходного материала, адаптированного к условиям региона и обладающего определенными генетическими и морфобиологическими особенностями, в частности, наличием рецессивной *mf*-мутации [21; 22]. Выявлены экотипы с высокой встречаемостью мутации многолисточковости (*mf*-мутации), которые успешно включены в селекционный процесс [22; 23].

Наименее изученным вопросом является реакция сортопопуляций на различные условия среды в процессе селекционной работы над исходным материалом и учет полученных данных в дальнейшей работе.

Цель работы: изучить особенности формирования кормовой и семенной продуктивности у сортопопуляций *M. varia* Mart. в условиях различных экотопов Центрально-Черноземного региона.

Методика проведения исследований. Исследования проведены в 2016–2018 гг. на селекционно-семеноводческом участке ЗАО «Краснояржужская зерновая компания» (Белгородская область, Чернянский район). Стандартом в опыте служил сорт Краснояржужская 1.

Объектами исследования служили сортопопуляции люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.). В опыте испытывались восемь сортов и сортопопуляций *M. varia* Mart. (фактор «Сортообразец»: Краснояржужская 1 *mf*; Вега 87; Белгородская 86 *mf*; Краснояржужская 2; К-1/10 *mf*; Б-86/3 *mf*; NZK 40 *mf*; PPL 6/8), полученные методами поликросса, индивидуального отбора, экологической и экотопической селекции [23; 24].

Экологическую оценку сортообразцов провели в различных экотопах Белгородской области на различных почвенных разностях (фактор «Экотоп»): чернозем типичный тяжелосуглинистый, в полевом севообороте (черноземная почва); почва лугово-глеявая легкосуглинистая, на распаханном лугу в пойме р. Оскол (луговая почва); чернозем выще-

лоченный супесчаный, в прифермском севообороте (песчаная почва).

В опытах использованы стандартные методы, принятые в полевых и селекционных исследованиях. Были определены элементы кормовой и семенной продуктивности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием формул для расчета средней арифметической и ошибки средней с использованием стандартного программного обеспечения Microsoft Excel (2010) [25; 26].

Результаты и обсуждение. Экологические условия региона позволяют получать до трех укосов люцерны, однако основная продуктивность надземной фитомассы люцерны формируется в большинстве случаев в первом и втором укосах. Для лучшего понимания процессов формирования биомассы за период вегетации люцерны в различных экологических условиях региона, рассчитали сбор сухого вещества за период вегетации у всех сортообразцов во всех изученных экотопах в среднем за три года исследований.

Сортопопуляции в зависимости от продуктивности сухого вещества распределились по нескольким группам. В первую группу вошли сортопопуляции с выраженной mf-мутацией многолисточковости: Краснояружская 1 mf и Белгородская 86 mf. Их продуктивность в условиях черноземной почвы превышала стандарт на 24,2 и 20,7 % соответственно на фоне высоких коэффициентов вариации (Cv) — от 31,4 до 35,1 % (таблица).

Таблица. Сбор надземной фитомассы и семян у сортопопуляций люцерны изменчивой в различных экотопах (2016–2018 гг., среднее)

Сортопопуляция	Сбор надземной фитомассы, г/м ² абсолютно сухого вещества			Семенная продуктивность, г/м ²		
	Экотоп*					
	1	2	3	1	2	3
Краснояружская 1 (стандарт)	974,1	445,7	649,0	47,8	9,6	20,9
Вега 87	970,2	545,1	715,5	33,1	28,5	16,5
Белгородская 86 mf	929,5	454,6	606,2	38,6	10,3	25,7
Краснояружская 2	1214,6	424,3	685,3	63,4	7,2	23,4
Краснояружская 1/10 mf	1209,7	394,2	610,2	63,7	5,4	27,3
Белгородская 86/3 mf	1175,7	405,0	616,1	67,1	6,1	22,2
NZK 40 mf	976,9	835,6	617,2	32,5	32,8	9,7
PPL 6/8	1377,6	573,4	717,2	60,7	16,8	38,5
В среднем	1103,5	509,7	652,1	50,9	14,6	23,0
НСР ₀₅	17,9	18,9	19,5	8,3	9,4	8,8

*1 – почва: чернозем типичный, тяжелосуглинистый, в полевом севообороте;

2 — почва лугово-глеевая лекосуглинистая, на распаханном лугу в пойме р. Оскол;

3 — почва: чернозем выщелоченный супесчаный, в прифермском севообороте.

В экотопах с луговой и песчаной почвами кормовая продуктивность сортопопуляций Краснояружская 1/10 mf и Белгородская 86 mf в среднем за годы исследований уступала стандарту на 11,5 и 9,1 % и на 5,9 и 6,6% соответственно на фоне высоких коэффициентов вариации (от 13,8 до 34,7 %).

Во вторую группу вошли сортообразцы как с высоким показателем *mf*-мутации — NZK 40 mf, так и с низкой экспрессией гена — Краснояружская 2, которые в среднем за годы исследований показали продуктивность на уровне стандарта. На черноземных почвах сорт Краснояружская 2 значительно превзошел стандарт — на 24,7 %, а NZK 40 mf показал продуктивность на уровне стандарта. Коэффициенты вариации при этом были минимальными: 0,1–3,5 %.

В условиях лугового экотопа урожай надземной фитомассы у люцерны сортообразца NZK 40 mf в среднем за три года исследований был выше стандарта на 87,5 % ($C_v = 5,9\%$). У сорта Краснояружская 2 на луговой почве продуктивность оставалась на уровне стандарта — сорта Краснояружская 1.

На песчаных почвах особи у сортопопуляций этой группы по продуктивности фитомассы были близки к стандарту, и отклонение от него не превышало 4,9–5,6 % ($C_v = 16,7–17,9\%$).

Третью группу образовали сортопопуляции Вега 87 и PPL 6/8. В среднем за годы исследований во всех экотопах они показали продуктивность выше, чем у стандарта. Сортопопуляция Вега 87 показала продуктивность на уровне стандарта лишь на черноземных почвах и превышала его на 22,3 и 10,2 % на луговых и песчаных. Особи сортопопуляции PPL 6/8 показали надземную продуктивность выше стандарта на 41,4, 28,6 и 10,5 % во всех экотопах соответственно ($C_v = 2,2–14,2\%$). Сортопопуляция Белгородская 86 уступала стандарту по продуктивности сухой массы на 4,6 и 6,6 % на черноземных и песчаных почвах. На луговых почвах достоверной разницы между сортообразцами не выявлено.

Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта показали, что результативный признак «Продуктивность сухого вещества» в первую очередь зависит от фактора «Экотоп» (на 68,7 %), а фактором «Сортообразец» он определяется незначительно (на 4,7 %). Взаимодействие этих факторов не оказывает сильного влияния (10,9 %). Доля влияния условий года в среднем не превышает 0,48 %.

Оценка семенной продуктивности во всех изученных экотопах в среднем за три года исследований позволила установить, что сортопопуляции люцерны с выраженной мутацией многолисточковости (Краснояружская 1/10 mf и Белгородская 86 mf), а также PPL 6/8 на участках

с черноземной почвой имели максимальный урожай семян от 1175,8 до 1209,7 кг/м².

На песчаной почве семенная продуктивность снижалась, и урожайность сортообразцов не превышала 47,6–35,7 % от продуктивности на черноземе.

В условиях луговых почв семенная продуктивность люцерны была минимальной — урожайность сортообразцов не превышала 12,8–9,2 % от продуктивности на черноземе. У сорта-стандарта и сортообразца Белгородская 86 mf на песчаных почвах урожайность не превышала 43,7–66,8 % от продуктивности на черноземе; на луговых почвах — 20,2–26,6 %. Высокую адаптацию к условиям луговых почв показали сортообразцы Вега 87 и NZK 40 mf — они сохраняли урожайность на уровне стандарта, а в отдельных случаях превосходили его на 8,7–10,7 % ($C_v = 5,8$ %).

Сортообразец, который был получен методом поликросса (PPL 6/8), на участках с черноземной почвой показал урожайность на уровне сортов первой группы при $C_v = 11,5$ %. На песчаной почве его урожайность снизилась на 36,56 % ($C_v = 6,1$ %), на луговой — на 72,4 % ($C_v = 33,1$ %).

Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта показали, что результативный признак «Урожай семян» в первую очередь зависит от фактора «Экотоп» (на 63,58 %), а фактором «Сортообразец» он определяется на 5,45 %. Также имеет значительное влияние взаимодействие этих факторов на уровне 25,5 %. Доля влияния условий года в среднем не превысила 1,01 %.

Заключение. Установлено, что сортообразцы обладают различной продуктивностью надземной фитомассы в зависимости от условий возделывания. Наибольшая надземная продуктивность у сортообразцов люцерны формируется в условиях полевых экотопов на типичном черноземе (929,5–1377,6 г/м²). Наименьшая — в луговых экотопах на дерново-глеевых почвах (394,1–835,6 г/м²). Максимальную продуктивность надземной фитомассы в условиях черноземных почв полевых севооборотов обеспечивают сортообразцы Краснояружская 1/10 mf (1209,7 кг/м²), Белгородская 86 mf (1175,8 кг/м²) и PPL 6/8 (1377,6 кг/м²). Стабильно высокую продуктивность в условиях экотопов луга показывает Вега 87 (801,3–881,0 г/м²), превышая стандарт на 87,5 %.

Высокую семенную продуктивность на черноземных почвах показывают Белгородская 86 mf, Краснояружская 1/10 mf, Краснояружская 2 и PPL 6/8 — на 40,4; 33,3; 32,7 и 27,0 % выше стандарта.

Рекомендуется проводить анализ исходного материала на ранних этапах селекции люцерны изменчивой в экотопах, характерных для региона планируемого возделывания.

Литература

1. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Г. Н. Бычков [и др.] // Кормопроизводство. – 2016. – № 8. – С. 3–8.
2. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Всероссийский НИИ кормов: итоги научной деятельности за 2010 и 2006–2010 годы // Кормопроизводство. – 2011. – № 1. – С. 3–4.
3. Косолапов В. М., Чернявских В. И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в их решении // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 4. – С. 5–14.
4. 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.
5. Чернявских В. И. Продуктивность бобово-злаковых травосмесей и эффективность их возделывания на склоновых землях юго-запада ЦЧЗ // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 7. – С. 42–45.
6. Чернявских В. И. Эффективность возделывания бобовых и злаковых трав на склоновых землях юго-запада ЦЧЗ // Земледелие. – 2009. – № 6. – С. 18–19.
7. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Новые сорта кормовых культур и технологии для сельского хозяйства России // Кормопроизводство. – 2021. – № 6. – С. 22–26.
8. 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. – С. 401–407.
9. Чернявских В. И. Рекуррентная селекция как основа повышения продуктивности люцерны в Центрально-Черноземном регионе // Кормопроизводство. – 2016. – № 12. – С. 40–44.
10. Опыт селекции и семеноводства люцерны и других трав в ЗАО «Краснояржская зерновая компания» / В. И. Чернявских, А. Г. Титовский, Р. А. Шарко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 14–17.
11. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Биологический потенциал бобовых трав в естественных сообществах эрозионных агроландшафтов Центрального Черноземья // Кормопроизводство. – 2014. – № 4. – С. 8–11.
12. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Влияние способа возделывания люцерны гибридной на семенную продуктивность потомства первого поколения на карбонатных почвах Центрально-Черноземного региона // Кормопроизводство. – 2014. – № 2. – С. 23–25.
13. Чернявских В. И., Думачева Е. В. Семенная продуктивность многолетних бобовых трав при выращивании в чистых и смешанных посевах на карбонатных почвах Белгородской области // Кормопроизводство. – 2012. – № 2. – С. 34–36.
14. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Семенная продуктивность разновозрастных посевов многолетних видов Fabaceae на черноземах карбонатных в условиях юга Среднерусской возвышенности // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 393.
15. Чернявских В. И., Бородаева Ж. А., Думачева Е. В. Устойчивость сортопопуляций *Medicago varia* Mart. к листовым пятнистостям в экотопах юга Среднерусской возвышенности // Аграрная наука. – 2019. – № S1. – С. 109–112.

16. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Биоресурсный потенциал бобовых трав на меловых обнажениях и карбонатных почвах Европейской России. – Белгород : Издательский дом «Белгород», 2014. – 144 с.
17. Бородаева Ж. А., Чернявских В. И. Реализация продукционного потенциала сортопопуляций *Medicago varia* Mart. в различных экотопах юга среднерусской возвышенности // Полевой журнал биолога. – 2020. – Т. 2. – № 3. – С. 242–249.
18. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Почвенно-ризосферные взаимодействия некоторых видов Fabaceae при возделывании в культуре на карбонатных почвах // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9–2. – С. 351–355.
19. Думачева Е. В., Чернявских В. И. Индекс железа как показатель устойчивости популяций *Medicago varia* Mart. на карбонатных почвах // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–3. – С. 571–574.
20. Бородаева Ж. А., Чернявских В. И., Думачева Е. В. Изучение особенностей введения в культуру *in vitro* индивидуальных отборов *Medicago varia* Mart. для ускоренного размножения селекционных образцов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – Т. 59. – С. 19–24.
21. Features of intra population variability of *Medicago varia* Mart. with the expressed mf-mutation on a complex qualitative characteristics / V. I. Cherniavskih, E. V. Dumacheva, Z. A. Borodaeva [et al.] // EurAsian Journal of BioSciences. – 2019. – Vol. 13. – № 2. – С. 733–737.
22. Floral variety of Fabaceae Lindl. family in gully ecosystems in the south-west of the Central Russian Upland / V. I. Cherniavskih, E. V. Dumacheva, F. N. Lisetsky [et al.] // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2019. – Vol. 12. – No 2. – P. 203–210. – DOI: 10.21786/bbrc/12.2/1.
23. Растительный мир Белгородской области / В. И. Чернявских, О. В. Дегтярь, А. В. Дегтярь, Е. В. Думачева. – Белгород : Белгородская областная типография, 2010. – 472.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). – М. : Книга по Требованию, 2012. – 352 с.
25. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.

ANALYSIS OF THE SOURCE MATERIAL OF VARIABLE ALFALFA IN VARIOUS ECOTOPES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Zh. A. Borodaeva

The results of the evaluation of eight breeding varieties and new varietal populations of alfalfa are presented on highly productive chernozems of the field crop rotation, sod-meadow soil of the meadow ecotope and sandy loam chernozem in the Central Chernozem region. The effective signs «Dry matter productivity» and «Seed yield» depend on the «Ecotope» factor by 68.7% and 63.58%, respectively. The assessment of seed productivity of varietal populations and morpho-anatomical features of its formation depending on the growing conditions is given. It is concluded that it is necessary to analyze the source material of variable alfalfa at the early stages of breeding in ecotopes characteristic of the region of planned cultivation.

Keywords: *ecological breeding, feed productivity, seed productivity, mf mutation, polycross method, dispersion analysis, the share of influence of factors.*