БИОЛОГИЯ

УДК 631.53(470.67)

DOI: 10.21779/2542-0321-2018-33-3-110-118

А.Д. Хабибов, М.Д. Дибиров, М.А. Магомедов

Изменчивость массы ста семян *Medicago minima* (L.) Bart. (fabaceae) в культуре

Горный ботанический сад ДНЦ РАН; Россия, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45; Gakvari05@mail.ru

Впервые дан сравнительный анализ структуры изменчивости массы ста семян (МСС) люцерны маленькой – *Medicago minima* (L.) Bart. (Fabaceae), сборы которой были проведены из разновысотных (1100–1950 м высоты над ур. м) выборки интродукционных популяций в условиях культуры Цудахарской и Гунибской экспериментальных баз Горного ботанического сада ДНЦ РАН Внутреннегорного Дагестана с учётом трёх факторов (высота над ур. м., сроки сбора материала и режим использования экосистемы). Показано, что учтённые три фактора существенно, но с разной степенью достоверности влияют на вариабельность МСС этого малолетника-самоопылителя. Установлено, что высотная разница, равная 850 м, значимо, на самом высоком уровне достоверности (99,9 %), оказывает влияние на изменчивость МСС, и с возрастанием высоты над ур. м. этот признак увеличивается. При этом средние показатели признака по *t*-критерию Стьюдента тоже различаются с максимальным уровнем значимости. Отмечено, что разные сроки сбора материала (разность между датами сбора равна 25 суткам) также существенно влияют на вариабельность МСС и Средние показатели люцерны достоверно уменьшаются с увеличением сроков сбора материала. Показано, что режим использования экосистемы существенно, но сравнительно в меньшей степени (95,0 %), чем вышеотмеченные естественные факторы, оказывает влияние на изменчивость МСС, и в условиях культуры этот показатель значительно уменьшается. Эффективность репродуктивного усилия *M. minima*, выраженная долей массы семян в плодах, с увеличением высоты над ур. м. возрастает, а с повышением сроков сбора материала – уменьшается.

Ключевые слова: люцерна маленькая, масса ста семян, факторы, высотный уровень, сроки сбора материала, режим использования экосистемы, эффективность репродуктивного усилия.

Введение

Как известно, люцерна, являясь бобовым растением, по питательной ценности превосходит многие другие кормовые культуры, обладающие важными биологическими и хозяйственно ценными свойствами, и по значимости уступает только злакам. Её зелёная масса и сено богаты белками, незаменимыми аминокислотами и микроэлементами [1]. Высокая экологическая пластичность люцерны не только обеспечивает засухоустойчивость и морозостойкость, но и предохраняет от избыточного увлажнения. Также объект характеризуется быстрыми темпами отрастания после скашивания [2]. Однако эти достоинства (большие потенциальные возможности) пока ещё не в полной мере используются, и урожаи зелёной массы и семян резко колеблются как по годам, так и по природным популяциям.

При интенсивном развитии сельскохозяйственного производства ощущается ост-

рая необходимость в полной реализации потенциальной продуктивности видов бобовых, в правильном подборе сортов и в обогащении культурной флоры новыми перспективными представителями.

На территории Дагестана – республики с животноводческим направлением – районированы в основном только два сорта люцерны изменчивой, или гибридной (*Medicago varia* Mart.) – Кизлярская местная и Манычская [3]. Другие виды (люцерна и остальные кормовые бобовые) в культуре не представлены, и запросы животноводства удовлетворяются естественными кормовыми угодьями, составляющими 80,7 % территории республики. В связи с тем, что уровень урожайности многих естественных кормовых угодий из-за длительного бессистемного выпаса крайне низкий, стоит задача резкого усиления мер по обогащению культурной флоры новыми видами кормовых растений.

Известно, что адаптация растений как в естественном ходе расселения, так и в культуре может достигаться за счёт двух механизмов – широкой нормы морфофизиологических реакций отдельных организмов (онтогенетических) и генотипического разнообразия индивидуальных норм реакций (популяционно-эволюционных). Многие однолетние люцерны характеризуются ценными для селекции наследственными признаками: автофертильностью и автотриппингом, устойчивостью к насекомым-вредителям, что представляет особый интерес для селекционно-генетических программ.

Однако в природных условиях с набором высоты над ур. м. у многих бобовых растений, в том числе и видов люцерны, сокращается вегетационный период, укорачивается надземная часть растения, увеличивается число побегов на особь, уменьшается продуктивность побега и особи, меняется форма куста от прямостоячих форм к лежачим [3].

Наши исследования посвящены оценке роли трёх факторов (высотного градиента, сроков сбора материала и режима использования экосистемы) в структуре изменчивости массы ста семян люцерны маленькой – *Medicago minima* (L.) Bart. (Fabaceae) в условиях культуры Внутреннегорного Дагестана.

Из более 100 видов люцерны на Кавказе отмечены 30 и 1 вид – в культуре [4]. Все представители этого рода обладают высокими кормовыми качествами. Однако у однолетних видов эти качества из-за незначительных размеров самих растений и колючести их плодов сильно снижены. В условиях Дагестана произрастает 20 видов люцерны, из которых с учётом двух эндемиков Дагестана (*Medicago daghestanica* Rupr. и *M. gunibica* Vass.) 14 – многолетники (поликарпики), а остальные – однолетники (монокарпики) [5]. Если однолетники отмечены в низменной части республики, то многолетники преимущественно произрастают в условиях горного пояса Дагестана.

M. minima является одно- или двулетним растением. Стебли тонкие, многочисленные и пушистые, до 40 см длиной (рис. 1). Соцветия – кисти этого самоопылителя – состоят из 1–3 цветков, с жёлтым венчиком длиной 3–5 мм. Плод (боб) – 4–5 мм в диаметре, на 3–5 оборотов, густо покрыт довольно длинными, прямыми, крючкообразными наверху шипами. Семена немногочисленные, каштаново-бурые; цветёт и плодоносит в апреле–мае; происхождение средиземноморско-переднеазиатское. Встречается на сухих травянистых, щебнистых и каменистых склонах, на галечнике, на сорных местах до среднего горного (до 1200 м) пояса [4]. Этот монокарпик с довольно широким адаптивным потенциалом и небольшим числом хромосом ($2n = 16$), наряду с однолетниками бобовых, может стать хорошим объектом для популяционно-генетических исследований кормового направления [6]. Представленная работа выполнена с применением

популяционного подхода, который в последнее время используется в разных областях, особенно в исследованиях процессов морфогенеза [7].

Рис. 1. Генеративный побег, семена и плоды *M. minima*

Материал и методика

На различных высотных участках северного макросклона Цудахарской (ЦЭБ) (1100 м высоты над ур. м.) и Гунибской (ГЭБ) (1950 м над ур. м.) экспериментальных баз Горного ботанического сада ДНЦ РАН Внутреннегорного Дагестана в 2013 году впервые были проведены сборы образцов смеси плодов с интродукционных популяций *M. minima*. Одновременно с этих же опытных участков экспериментальных баз и за их пределами семенной материал был собран с учётом ещё двух других факторов: сроков сбора материала и режима использования экосистемы (РИЭ). Характеристика мест сбора материала в условиях северного макросклона экспериментальных участков Горного ботанического сада ДНЦ РАН по учтённым факторам приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика мест сбора смеси плодов *M. minima* с северного макросклона экспериментальных участков Горного ботанического сада ДНЦ РАН по трём факторам

№	Факторы изменчивости	Высота над ур. м. (м)	Сроки сбора	РИЭ
I. Высота над ур. м.				
1	Высота над ур. м.	1100	19.10.13.	Охраняемый участок
2		1950	20.10.13.	Охраняемый участок
II. Сроки сбора				
1	Сроки сбора плодов	1100	24.09.13. 19.10.13.	Охраняемый участок
III. РИЭ				
1	РИЭ	700 1100, 1950	27.06.01.	Пастбище и охраняемый участок

После обмолачивания плодов, учёта их массы и подсчёта числа семян нескольких повторностей у каждого образца на электронных весах (мг) определяли МСС. Кроме того, для сборов смеси бобов с обеих экспериментальных баз была определена эффективность репродуктивного усилия – доля семян в смеси плодов. В результате применения суммарной статистики, корреляционного, дисперсионного и регрессионного анализов были получены как средние показатели, так и значения корреляционной связи, ве-

личины силы влияния и коэффициента детерминации влияния учтённых факторов на изменчивость МСС [8]. При проведении расчетов использовались ПСП Statgraf version 3.0. Shareware, система анализа данных Statistica 5.5.

Результаты и их обсуждение

Как известно, семена являются основными элементами системы адаптивных (репродуктивных) стратегий растений. Наиболее важными для репродуктивной стратегии у семени являются их размерные и весовые признаки. Масса семени и вообще масса биологических объектов является одновременно мерой инерции и гравитации и мерой скорости или интенсивности обменных процессов, обеспечивающих жизнедеятельность организмов [9]. Семя представляет собой сложную структуру, в которой собраны клетки трёх поколений – родительского спорофита, женского гаметофита и зародыша следующего спорофитного поколения. В сельскохозяйственной практике большее применение нашла масса тысячи (МТС) или масса ста семян, реже масса тысячи зёрен. Этот показатель крупности и выполненности воздушно-сухих семян является важным сельскохозяйственным признаком, который с успехом используют на практике для определения весовой нормы высева.

При сравнительном анализе средних показателей МСС *M. minima*, сборы смеси семян которой были проведены на северном макросклоне различных высотных уровней экспериментальных участков Горного ботанического сада ДНЦ РАН, выяснилось, что средние величины МСС по выборкам увеличиваются с повышением высотной отметки над ур. м. (табл. 2). Такая же тенденция для этого вида была отмечена нами в природной популяции в условиях Предгорного Дагестана (хребет Нарат-Тюбе). Кроме того, подобное явление для однолетних видов кормовых бобовых (видов клевера) было отмечено и ранее [10]. При этом значения среднего показателя и его относительной изменчивости МСС гунибской популяции почти в 2 раза (1,99 и 1,83 соответственно) превышают таковые у выборки этого вида из ЦЭБа. Средние показатели МСС более ранних (24.09.13) сборов в условиях Цудахарской экспериментальной базы, хотя и незначительно (в 1,12 раза), но превышают таковые поздних (19.10.13) сборов. Однако средняя величина МСС этого вида в условиях культуры значительно (в 1,41 раза) уступает соответствующим показателям природной популяции из хребта Нарат-Тюбе Предгорного Дагестана, результаты которой нами были сообщены ранее.

Таблица 2. Сравнительная характеристика изменчивости средних показателей МСС (мг) выборки *M. minima* по факторам

№	Высота над ур. м. (м)	n	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %
I. Высота над ур. м.				
1	1100	10	56,5±1,14	6,4
2	1950	5	112,4±5,86	11,7
Σ		15	75,1±7,31	37,7
II. Сроки сбора				
1	1100	7	58,4±0,81	3,7
2	1100	3	52,0±0,58	1,9
III. РИЭ				
1	140–700	32	105,7±2,93	15,2

2	1100 и 1950	15	75,1±7,31	37,7
Σ		45	95,5±3,76	26,4

Примечание: Σ – объединенная выборка, n – число вариантов.

В то же время средние величины МСС по высотному фактору существенно, на самом высоком уровне достоверности (99,9 %), показали различия по t -критерию Стьюдента (табл. 3). Средние показатели МСС разных сроков сбора также различаются на высоком уровне значимости по этому признаку. Однако различия средних величин рассматриваемого признака по антропогенному фактору РИЭ существенны только на 95,0 %-ном уровне достоверности, что, скорее всего, связано со размером средних значений и его большей ошибкой (7,31) в условиях культуры.

Таблица 3. Сравнительная характеристика сравнения средних значений МСС *M. minima* по t -критерию Стьюдента ($df = n_1 + n_2 - 2$)

Варианты сравнения выборок	df	t-критерий
I. Высота над ур. м.		
1100 и 1950	13	9,363***
II. Сроки сбора		
208 и 233 дней	8	6,419***
III. РИЭ		
Природная и культурная популяции	45	3,886*

Примечание: df – число степеней свободы: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Вышеотмеченные данные подтверждают и полученные результаты дисперсионно-регрессионных анализов (табл. 4). Кроме того, идентичные с природной популяцией результаты этого же объекта, признака и фактора нами получены и в условиях культуры на опытных участках экспериментальных баз Горного ботанического сада ДНЦ РАН в 2013 году.

Таблица 4. Результаты дисперсионно-регрессионного анализа по МСС *M. minima* по высотному градиенту и срокам сбора материала

SS	mS	F(1)	r^2 , %	r_{xy}
I. Высота над ур. м.				
10416,033	10416,033	168,480***	92,8	0,964
II. Сроки сбора				
86,7857	86,7857	23,365**	74,5	– 0,863

Примечание: F – критерий Фишера. В скобках указано число степеней свободы (df), r^2 , % – коэффициент детерминации, r_{xy} – коэффициенты корреляции между высотным и временным экоклинотипом и признаками; * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Высотный градиент и в условиях культуры существенно, почти наравне с выборками из природной популяции Нарат-Тюбинского хребта, влияет на изменчивость МСС этого вида. Подобная тенденция у бобовых нами была отмечена как для эндемиков [11], так и культиваров [12]. Между высотным градиентом и вариабельностью отмечено существенное, на самом высоком (99,9 %) уровне достоверности, значение корреля-

ционной связи ($r_{xy} = 0,964$). Однако в условиях культуры с незначительным повышением (на 290 м) высотного градиента доля влияния увеличивается только на 0,2 % (рис. 2, А). При этом вся изменчивость определяется высотным или временным градиентами, поскольку при числе степеней свободы (df), равном единице, результаты дисперсионного и регрессионного анализов сходятся, так как любое число, делённое или умноженное на единицу, остаётся неизменным. Соответственно компонента дисперсии равна коэффициенту детерминации ($r^2, \% = h^2, \%$). В то же время на изменчивость МСС достоверно влияют и сроки сбора материала, хотя и не в такой степени, как при высотном градиенте. Так, между сроками сбора материала и МСС отмечена отрицательная корреляционная связь ($r_{xy} = -0,863^{**}$), показывающая, что с увеличением сроков сбора плодов на 25 (233–208) суток на 6,4 мг (58,4–52,0) уменьшается среднее значение этого учтённого весового признака.

Рис. 2. Сила влияния ($h^2, \%$) фактора на изменчивость МСС *M. minima*: А – в природной популяции (560) и культуре (850 м); В: I – высота над ур. м.; II – сроки сбора материала и III – режим использования экосистемы

Антропогенный фактор – РИЭ – также существенно влияет на вариабельность МСС, хотя показатели силы влияния последнего значительно (в 2–3 раза) уступают комплексному фактору – высоте над ур. м. и срокам сбора (табл. 5). При сравнительном анализе компоненты дисперсии всех трёх учтённых факторов выяснилось, что разница высотного градиента в условиях культуры (850 м) Внутреннегорного Дагестана имеет весьма высокий показатель (92,8 %) силы влияния на изменчивость МСС (рис. 2, В – I). Сравнительно высока (74,5 %) также доля влияния и сроков сбора материала на вариабельность рассматриваемого признака в условиях Цудахарской экспериментальной базы Горного ботанического сада ЛНЦ РАН (74,5 %) (рис. 2, В – II). Антропогенный же фактор РИЭ влияет гораздо слабее (33,4 %) на изменчивость данного учтённого признака (рис. 3 – III).

Таблица 5. Результаты однофакторного (РИЭ) дисперсионного анализа по МСС *M. minima* ($df = n - 1$)

df	SS	mS	F(1)	$h^2, \%$
1	9343,211	9343,211	21,526***	33,4

Примечание: F – критерий Фишера, df – число степеней свободы указано в скобках, $h^2, \%$ – сила влияния фактора, * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Сходные результаты получены и при сравнении таких же выборок МСС из экспериментальных баз по эффективности репродуктивного усилия – доли массы семян в бобах. Первые учтённые два фактора – высота над ур. м. и сроки сбора материала ведут аналогично по обоим весовым признакам: МСС и эффективности репродуктивного усилия (рис. 3 – I и II). Так, сроки сбора материала (разница в 25 суток) в условиях Цудахарской экспериментальной базы отрицательно влияют на изменчивость эффективности репродуктивного усилия, и доля массы семян в плодах уменьшается в 1,528 раза (11,0 / 7,2) (рис. 3 – I и II). Однако этот относительный признак на экспериментальных базах значительно – в 1,861 (13,4 / 7,2) раза – возрастает с увеличением высоты на 850 м (1780–1100 м) (рис. 3 – II и III).

Факторы	Масса (мг)		Доля массы семян, %
	плодов	семян	
I	7,894	0,718	11,0
II	1,858	0,133	7,2
III	1,464	0,196	13,4

Рис. 3. Эффективность репродуктивного усилия в условиях культуры: I – ЦЭБ (24.09.13); II – ЦЭБ (19.10.13); III – ГЭБ (20.10.13)

Заключение

Впервые дан сравнительный анализ структуры изменчивости массы ста семян монокарпика – самоопылителя люцерны маленькой *Medicago minima* (L.) Bart. (Fabaceae), сборы которой были проведены из выборок интродукционных популяций Цудахарской и Гунибской экспериментальных баз Горного ботанического сада ДНЦ РАН Внутреннегорного Дагестана с учётом комплексного фактора – высоты над ур. м., сроков сбора материала и режима использования экосистемы.

Изученные три фактора имеют существенную степень значимости для признака МСС *M. minima*, но влияют на её вариабельность с разной степенью достоверности.

Высотный градиент, равный 850 м, значимо, на самом высоком уровне достоверности, оказывает влияние на изменчивость МСС, и с возрастанием высоты над ур. м. этот учтённый признак увеличивается, коэффициент корреляции при этом равен 0,964. Кроме того, различия средних показателей этого признака по *t*-критерию Стьюдента также существенны на самой высокой ступени значимости.

Градиент времени сбора материала, равный 25 суткам, значительно влияет на вариабельность рассматриваемого весового признака, и средние показатели последнего достоверно сокращаются с удлинением сроков сбора материала ($r_{xy} = -0,863$). Антропогенный фактор (режим использования экосистемы) тоже, в свою очередь, существенно, но сравнительно в меньшей степени, чем вышеотмеченные естественные факторы, оказывает влияние на изменчивость МСС и в условиях культуры МСС *M. minima* значительно уменьшается.

Эффективность репродуктивного усилия этого малолетника, выраженная долей массы семян в плодах (с увеличением высоты над ур. м. возрастает, а с повышением сроков сбора материала – уменьшается), отражает эндогенное и экологическое влияние.

Работа выполнена с использованием уникальной научной установки «Система экспериментальных баз, расположенных вдоль высотного градиента» (УНУ СЭБ

ГорБС ДНЦ РАН).

Литература

1. Далгатова Д.Д., Муратчаева П.М.-С., Онищенко О.А., Мусаева П.Ю. Некоторые дикорастущие люцерны Горного Дагестана как исходный материал для интродукции и селекции // Генетические ресурсы и интродукция кормовых и пищевых растений в Дагестане. – Махачкала, 1988. – С. 88–94.
2. Иванов А.И. Люцерна. – М.: Колос, 1980. – 349 с.
3. Дибиров М.Д., Гаджиева Р.Г., Мамедова А.О. Сравнительное изучение продуктивности видов и сортов люцерны в связи с интродукцией в горных условиях // Проблемы развития АПК региона. – 2014. – № 4. – С. 28–31.
4. Гроссгейм А.А. Флора Кавказа. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – Т. 5. – С. 191.
5. Муртазалиев Р.А. Род *Medicago* L. (Fabaceae) во флоре Кавказа // Материалы Всероссийской научной конференции «Роль ботанических садов в изучении и сохранении генетических ресурсов природной и культурной флоры», Махачкала, 1–5 октября. – Махачкала, 2013. – С. 92–98.
6. Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных государств: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [Интернет-версия 2.0] 2008: <http://www.agroatlas.ru>.
7. Юсуфов А.Г. Связь агроэкологических исследований с задачами аутоэкологии // Вестник ДГУ. – 2014. – Вып. 1. – С. 117–125.
8. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчётов. – М.: Наука, 1983. – 256 с.
9. Алимов А.Ф. Масса животных и их функциональные и популяционные характеристики // Доклады Академии наук. – 2003. – Т. 390, № 1. – С. 132–135.
10. Бардаков Л.П. Персидский клевер – *Trifolium resupinatum* L. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Серия VII. – 1934. – № 1. – С. 49–67.
11. Хабибов А.Д., Магомедов М.А., Дибиров М.Д. Предварительные результаты структуры изменчивости некоторых признаков семенной продуктивности эндемика Дагестана – *edicago daghestanica* Rupr. ex Boiss. во Внутреннегорном Дагестане // Материалы докладов VI Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием «Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов», Махачкала, 9 апреля. – Махачкала, 2018. – С. 41–45.
12. Шуайбова Н.Ш., Хабибов А.Д., Гамзатова Х.М., Магомедов А.М. О продуктивности бобовых растений в засушливых условиях природных зон Дагестана // Аридные экосистемы. – 2018. – Т. 24, № 2 (75). – С. 66–71.

Поступила в редакцию 30 июля 2018 г.

UDC 631.53(470.67)

DOI: 10.21779/2542-0321-2018-33-3-110-118

Mutability of *Medicago minima* (L.) Bart. (fabaceae) seed mass in culture

A.D. Khabibov, M.D. Dibirov, M.A. Magomedov

Mountain Botanical garden Dagestan scientific center of RAS; Russia, 367000, Makhachkala, M. Gadzhiev st., 45; M. Gakvari05@mail.ru

The comparative analysis of mutability of a hundred seed mass (HSM) of small alfalfa – *Medicago minima* (L.) Bart. (Fabaceae) has been made for the first time on the seed material selected from different height (1100–1950 m height above sea level. m) samples of introduction plants in terms of Tsudakharskaya and Gunibskaya experimental bases of Mountain Botanical garden of Dagestan Scientific Center of RAS, of Inner Dagestan. The research was based on three factors – height above sea level, terms of collection of the crop and the mode of use of the ecosystem). It is shown that the considered three factors significantly, but with different degree of reliability, affect the variability of MSS of this juvenile-self-pollinator. It was found that the altitude difference equal to 850 m, significantly, at the highest level of reliability (99,9 %), has an impact on the variability of HSM and with increasing height above the sea level this sign increases. At the same time, the average indicators of this feature on the Student's *t*-distribution. also differ significantly, at the maximum level of significance. It is also noted that different terms of collection of crop (the difference between the dates of collection is 25 days), also significantly affect the variability of HSM, and the average of the latter significantly decreases with increasing terms of collection of material. It is shown that the regime of ecosystem use significantly, but to a relatively lesser extent (95,0 %) than the above-mentioned natural factors, has an impact on the variability of MSS and in the conditions of culture significantly decreases in MSS. The effectiveness of the reproductive effort of this youngster, expressed by the proportion of the mass of seeds in the fruit, with an increase in height above the sea level increases, and with increase in terms of collection of material-decreases.

Keywords: *small alfalfa, a hundred seeds mass, factors, altitude level, terms of crop collection, the mode of use of the ecosystem, effectiveness of the reproductive effort.*

Received 30 Jule, 2018