

DOI: <https://doi.org/10.17816/ecogen109231>

Научная статья



Особенности биохимического состава жизненных форм люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.)

Н.Ю. Малышева, Т.В. Шеленга, А.Е. Соловьева, Л.Л. Малышев

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Актуальность. Люцерну хмелевидную используют как пастбищную, покровную, сидератную, противозероизионную культуру для закрепления насыпей вдоль дорог и на отвалах горнодобывающей промышленности для фиторемедиации. В пределах вида были выделены группы с моно-, би- и поликарпическими формами, имеющими отличия морфологических признаков и особенностей онтогенеза, что предполагает возможное различие биохимических показателей в выделенных группах.

Цель исследования — изучение полиморфизма биохимических показателей разных жизненных форм люцерны хмелевидной.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили 20 образцов люцерны хмелевидной различного происхождения из групп моно-, би- и поликарпических растений коллекции ВИР. Для исследования использовали свежесобранную зеленую массу растений. Оценку проводили по следующим биохимическим показателям: содержанию массы сухих веществ, белка, сахаров, аскорбиновой кислоты, общей кислотности, хлорофиллов, каротиноидов, каротинов, β -каротина, антоцианов. Статистическая обработка результатов включала вычисление основных параметров варьирования, дисперсионный анализ и дискриминантный анализ.

Результаты. Питательную ценность люцерны хмелевидной характеризовало содержание сырого белка и сахаров. Диапазон изменчивости белка составил от 11,94 до 19,69 мг на 100 г сырого вещества, сахаров — от 0,44 до 2,67 %. Выявлены различия у растений разных групп по содержанию сахаров. Содержание аскорбиновой кислоты оказалось наивысшим у пяти представленных сортов из группы поликарпических растений в сравнении с дикорастущими образцами и монокарпическим сортом Берегиня. Монокарпики выделяются по содержанию антоциана ($19,5 \pm 1,41$ мг/100 г); по содержанию остальных пигментов достоверных различий не обнаружено.

Заключение. Результаты углубленного биохимического анализа образцов зеленой массы *Medicago lupulina* из коллекции генетических ресурсов растений ВИР демонстрируют высокую изменчивость биологически активных веществ и соединений — показателей устойчивости к стрессовым факторам среды, что помогает отбору исходного материала для селекции кормового направления.

Ключевые слова: генетические ресурсы; биохимический состав; полиморфизм признаков; монокарпики; бикарпики; поликарпики.

Как цитировать:

Малышева Н.Ю., Шеленга Т.В., Соловьева А.Е., Малышев Л.Л. Особенности биохимического состава жизненных форм люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.) // Экологическая генетика. 2022. Т. 20. № 3. С. 231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/ecogen109231>

DOI: <https://doi.org/10.17816/ecogen109231>

Research Article

Specific features of the biochemical composition of life forms of black medic (*Medicago lupulina* L.)

Natalia Yu. Malysheva, Tatiana V. Shelenga, Alla E. Solovieva, Leonid L. Malyshev

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint Petersburg, Russia

BACKGROUND: Black medic is used as a pasture, cover, siderate, anti-erosion culture for fixing embankments along roads, on mining dumps and for phytoremediation. Mono-, bi- and polycarpic forms are distinguished within the species, differing in the number of fruitions during the plant life cycle. The presence of polymorphism of morphological features and features of ontogenesis suggests the presence of differences in biochemical parameters in the selected groups.

AIM: The aim of the study was to study the polymorphism of biochemical parameters of various life forms of black medic.

MATERIALS AND METHODS: The material for the study was 20 accessions of black medic of various origins from groups of mono-, bi- and polycarpic plants of the VIR collection. For the study, a freshly harvested green mass of plants was used. The assessment was carried out according to the following biochemical parameters: the content of dry matter, protein, sugars, ascorbic acid, total acidity, chlorophylls, carotenoids, carotenes, β -carotene, anthocyanins. Statistical processing of the results included calculation of the main parameters of variation, analysis of variance and discriminant analysis.

RESULTS: The nutritional value of black medic was characterized by the content of crude protein and sugars. The range of protein variability ranged from 11,94 to 19,69 mg / 100 g of raw matter, sugars — from 0,44 to 2,67%. Differences in the sugar content of plants of different groups were revealed. The content of ascorbic acid was the highest in five varieties from the polycarpic plant group presented in the study in comparison with wild-growing accessions and the monocarpic Bereginya variety. Monocarps are distinguished by the content of anthocyanin ($19,5 \pm 1,41$ mg / 100 g); no significant differences were found in the content of other pigments.

CONCLUSIONS: The results of in-depth biochemical analysis of accessions from the collection of plant genetic resources demonstrate the high variability of biologically active substances in the green mass of plants and will significantly improve the choice of the initial material for selection for forage usage.

Keywords: genetic resources; biochemical composition; polymorphism of traits; monocarps; bicarps; polycarps.

To cite this article:

Malysheva NYu, Shelenga TV, Solovieva AE, Malyshev LL. Specific features of the biochemical composition of life forms of black medic (*Medicago lupulina* L.). *Ecological genetics*. 2022;20(3):231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/ecogen109231>

Received: 07.07.2022

Accepted: 11.10.2022

Published: 18.10.2022

АКТУАЛЬНОСТЬ

Люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.) — представитель семейства бобовые (*Fabaceae*); род *Medicago* включает 63 однолетних и многолетних вида [1]. Вид широко распространен в умеренной и субтропической зонах Старого и Нового Света. Местом ее происхождения принято считать Средиземноморье [2]. Люцерну хмелевидную используют как пастбищную, покровную, сидератную, противозероночную культуру для закрепления насыпей вдоль дорог и на отвалах горнодобывающей промышленности для фиторемедиации [3–8]. Использование в качестве пастбищной культуры обусловлено высоким потенциалом самовоспроизводства благодаря осыпавости семян и длительному их сохранению в почве без прорастания в течение нескольких лет [4]. Вид мало используется в культуре. В мировой практике представлено около 10 сортов, в том числе один отечественный.

Вопрос о принадлежности вида к той или иной жизненной форме задавали давно. Принято считать, что в пределах вида имеются однолетние, двулетние и многолетние формы [1, 2, 9–13]. А.А. Гроссгейм [9] принимает *M. lupulina* как однолетний (*var. vulgaris* Koch и *var. Willdenowii* Boenn.) и многолетний вид (*var. perennans* Grossh.). В монографиях, посвященных роду *Medicago*, К. Lesins и I. Lesins и E. Small в описании вида *M. lupulina* так же указывают на наличие однолетних, двулетних и многолетних форм [1, 2].

В работах последних лет группы однолетников, двулетников и многолетников, выделенные по продолжительности жизни, рассматриваются как моно-, би- и поликарпические; представительство в каждой из групп обусловлено числом плодоношений в течение жизненного цикла растений. Монокарпические представители из первой группы проходят жизненный цикл за один сезон, а в случае неудачи с плодоношением продолжительность жизни увеличивается до следующего года до завершения плодоношения. Бикарпки и поликарпки в первый год жизни образуют вегетативные органы — розетку из укороченных облиственных побегов и немногочисленные генеративные побеги. На второй год жизни растения из обеих групп плодоносят. Бикарпки из второй группы после плодоношения отмирают, а поликарпки из третьей группы продолжают плодоносить в следующем году [14]. Монокарпки и бикарпки люцерны хмелевидной были обнаружены на территории Орловской области при изучении онтогенеза люцерны хмелевидной [15]. Хотя существует мнение, что моно-, би- и поликарпки в той или иной степени присутствуют в разных популяциях [16].

В коллекции ВИР были выявлены моно-, би-, поликарпические образцы различного географического происхождения. Монокарпки люцерны хмелевидной с быстрым ростом после появления всходов и плодоношением в год посева или отсроченным плодоношением на следующий год пригодны для создания долгосрочных

пастбищ, залужения нарушенных земель, использования в качестве покровной культуры для зерновых и сидератов. Поликарпки и бикарпки могут быть использованы как компоненты нижнего горизонта в многокомпонентных травяных смесях на корм скоту.

Химический состав люцерны хмелевидной по отдельным параметрам был известен давно. У *M. lupulina* из Грузии содержание клетчатки составляет 26,87 %, сырого белка — 23,03 %, сырого жира — 3,25 %, безазотистых экстрактивных веществ — 36,38 %, золы — 10,57 %; одно-двулетние растения из Западной Европы содержали 30,1 % клетчатки, 15,2 % — сырого белка, 3,0 % — сырого жира, 28,9 % — безазотистых экстрактивных веществ, 6,1 % — золы. У *M. lupulina* из Грузии, определенной А.А. Гроссгеймом как многолетняя, содержание клетчатки 21,0–23,77 %, сырого белка — 19,1–22,33 %, сырого жира — 2,50–2,87 %, безазотистых экстрактивных веществ — 32,06–45,2 %, золы — 9,34–12,2 %; там же приведена ссылка на работу В.Г. Беляева, где у однолетней формы *M. lupulina* определено сырой клетчатки 30,1 %, сырого белка — 15,2 %, сырого жира — 3,0 %, безазотистых экстрактивных веществ — 28,9 %, золы — 6,1 % [9]. В работе Н.В. Павлова [17] указано содержание клетчатки 23,8–30,1 %, сырого белка — 15,2–20,4 %, жира — 2,8–3,0 %, безазотистых экстрактивных веществ — 28,9–32,1 %, золы — 8,2–9,3 % [17]. Люцерну хмелевидную рекомендуют как богатый источник белка, минералов и фитострогенов [7]: из числа биохимических показателей в том числе приведено содержание белка ($22,9 \pm 0,7$ %), жиров ($5,3 \pm 0,0$ %), растворимых сахаров ($7,41 \pm 0,1$ %), крахмала ($10,42 \pm 0,7$ %), золы ($9,92 \pm 0,0$ %). На территории Юго-Восточной Литвы среднее содержание каротинов в надземной массе люцерны хмелевидной составило 190 мг/кг в пересчете на абсолютно сухое вещество, среднее содержание аскорбиновой кислоты — 513,7 мг/кг в пересчете на абсолютно сухое вещество [18]. Содержание белка у люцерны хмелевидной 22,3–23,1 %, жира — 3,2–3,5 %, клетчатки — 21,7–22,9 %, безазотистых экстрактивных веществ — 41,2–41,8 %, золы — 9,8 % [13].

У жизненных форм, выделенных ранее на основе морфологических признаков и особенностей онтогенеза, предполагаются различия в биохимических показателях.

Как было сказано выше, основные показатели качества зеленой массы *M. lupulina* изучаются давно. В настоящей работе впервые дана характеристика группам *M. lupulina* с разным циклом развития (моно-, би- и поликарпки).

Цель настоящей работы — получить новые данные, характеризующие кормовую ценность моно-, би- и поликарпиков, выявить возможную закономерность распределения основных биохимических показателей в пределах каждой группы. Полученные данные дадут возможность более полно использовать потенциал вида *M. lupulina* в селекционных работах на улучшение химического состава образцов кормового назначения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Из 60 образцов коллекции люцерны хмелевидной, изученных в 2018–2019 гг., в 2020 г. были посеяны 20 образцов: монокарпических, бикарпических и поликарпических (табл. 1). Для биохимического анализа были отобраны части растений с генеративными побегам и прикорневыми листьями. Генеративные побеги находились в фазе цветения и начала плодоношения с зелеными бобами. Сбор монокарпических образцов провели 17 августа, бикарпических и поликарпических — 24 августа 2020 г.

Агротехника, изучение, сбор и подготовка растительного материала для биохимических исследований осуществлялись по методикам ВИР.

Подготовку проб осуществляли следующим образом: на анализ брали свежий материал пяти растений (пять биологических повторностей) каждого образца. Материал анализировали по методикам ВИР [19]. Оценку проводили по следующим биохимическим показателям: содержанию массы сухих веществ, белка, сахаров, аскорбиновой кислоты, общей кислотности, хлорофиллов, каротиноидов, каротинов, β -каротина, антоцианов. Содержание массы сухого вещества определяли (%) взвешиванием до и после высушивания средней пробы в термостате FED400 Binder (Германия) при 105 °С, содержание белка — по Кьельдалю на приборе Velp Scientifica UDK 159 (Италия) (% на сух. вес), сахара

(моно- и сумма) — по методу Бертрана (%), аскорбиновой кислоты — прямым извлечением из растительной ткани 1 % соляной кислотой с последующим титрованием краской Тильманса — 2,6-дихлориндофенола (мг/100 г). Общую (титруемую) кислотность определяли титрованием экстракта 0,1 н. щелочью в присутствии индикатора, с пересчетом на яблочную кислоту (% на ябл. к.) [19]. Хлорофиллы и каротиноиды выделяли 80 % ацетоном, и их абсорбция была измерена на спектрофотометре Ultrospec II при различных длинах волн (нм): 662, 645 — для хлорофиллов а и b; 440 — для каротиноидов, с последующим расчетом концентрации пигментов по уравнениям Ветштейна и Хольма; 454 — для суммы каротинов; 447 — для лютеина; 443 — для виолоксантина; 440 — для ксантофилла. Сумму каротинов, лютеина, виолоксантина и ксантофилла исследовали методом бумажной хроматографии, разработанным Д.М. Сапожниковым с последующим определением оптической плотности на спектрофотометре [19]. Для внесения поправки на содержание зеленых пигментов одновременно рассчитывали оптическую плотность полученных экстрактов при 750 нм. Расчет пигментов приведен в мг/100 г. Содержание суммы антоцианов определяли спектрометрическим методом, выделяя их 1 % раствором соляной кислоты, с последующим спектрофотометрированием при длине волны 510 нм, в пересчете на цианидин-3,5-дигликозид (мг / 100 г на сух. вес) [20].

Таблица 1. Список образцов люцерны хмелевидной (*M. lupulina* L.) (Пушкинские лаборатории ВИР, 2020 г.)

№ каталога ВИР	Жизненная форма	Название	Происхождение
к-3664	Монокарпик	Дикорастущая	Украина
к-15407	Монокарпик	Дикорастущая	Омская обл.
к-15414	Монокарпик	Дикорастущая	Украина
к-25376	Монокарпик	Дикорастущая	Киргизия
к-25734	Монокарпик	Дикорастущая	Казахстан
к-46521	Монокарпик	Дикорастущая	Краснодарский край
к-48568	Монокарпик	Берегиня	Литва
к-51458	Монокарпик	Дикорастущая	Франция
к-48504	Бикарпик	Дикорастущая	Псковская обл.
к-48509	Бикарпик	Дикорастущая	Псковская обл.
к-52555	Бикарпик	Мира	Московская обл.
к-52749	Бикарпик	Дикорастущая	Ленинградская обл.
к-52772	Бикарпик	Дикорастущая	Новгородская обл.
к-22169	Поликарпик	Дикорастущая	Германия
к-31076	Поликарпик	Дикорастущая	Литва
к-38396	Поликарпик	Дикорастущая	Великобритания
к-41610	Поликарпик	Virgo Pajbjerg	Германия
к-43251	Поликарпик	Nordol	Дания
к-48497	Поликарпик	Virgo	Дания
к-48662	Поликарпик	Дикорастущая	Чехословакия

Достоверность влияния фактора «жизненная форма» оценивали методом дисперсионного анализа (в материалах и методике) при помощи критерия Фишера при уровне доверительной вероятности 0,05. Статистическая обработка результатов была проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica 12.0 и включала вычисление основных параметров варьирования, дисперсионный анализ с источником варьирования «жизненная форма» для оценки достоверности различий между группами и дискриминантный анализ для оценки информационной ценности отдельных признаков для различения жизненных форм люцерны хмелевидной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работы по изучению разных форм люцерны хмелевидной немногочисленны, несмотря на то что данная культура относится к перспективным кормовым и пастбищным культурам. В связи с этим мы провели сравнение наших показателей с данными, полученными для люцерны других видов. В результате анализа биохимического состава зеленой массы 20 образцов люцерны хмелевидной были показаны значительные отличия по содержанию исследованных веществ у представителей вида люцерны хмелевидной различных жизненных форм.

Сухие вещества. Анализ зеленой массы люцерны хмелевидной показал, что накопление массы сухих веществ

у образцов было в пределах от 19,44 до 27,64 %, среднее содержание которых составляло 23,02 % (табл. 2). Наиболее высоким содержанием массы сухих веществ отличались образцы-монокарпики, из них были выделены 2 дикорастущих образца — к-15407 из Омской обл. (26,76 %) и к-25376 из Киргизии (27,64 %).

Важный показатель питательной ценности кормовых культур — содержание сырого белка. В ходе нашего исследования было выявлено, что содержание белка в зеленой массе у образцов люцерны хмелевидной сильно варьирует в зависимости от происхождения — от 11,94 до 19,69 % на абсолютно сухое вещество, в среднем 14,40 % (табл. 2).

Люцерна хмелевидная — высокопитательная культура, не уступающая по качеству широко используемым в сельском хозяйстве многолетним видам люцерны посевной и изменчивой (*M. sativa* L. и *M. varia* Mart.). В период массового цветения люцерны посевной содержание сырого белка, по данным разных источников, составляет 16,82 % [21], 17,64 % [22], 20,1 % [23]. Изменчивость показателя у образцов люцерны посевной и изменчивой коллекции ВИР находится в пределах 15–22 % [24]. Наибольшее накопление белка наблюдалась у бикарпиков люцерны хмелевидной (19,7 %), в двух образцах которых содержание белка было более 17 %: к-52772 дикорастущий из Новгородской обл. (17,6 %) и к-52555 сорт Мира из Московской обл. (19,69 %).

Таблица 2. Среднее содержание основных питательных веществ у люцерны хмелевидной (на сырой вес)

Показатель	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Кoeffициент вариации
Сухое вещество, %	23,02 ± 0,52*	19,44	27,64	11,16
Белок, % на сухой вес	14,40 ± 0,39	11,94	19,69	13,16
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	66,70 ± 6,94	24,80	148,80	50,96
Моносахариды, %	1,16 ± 0,12	0,23	2,33	52,15
Дисахариды, %	0,64 ± 0,11	0,00	1,69	86,72
Сумма сахаров, %	1,80 ± 0,09	0,44	2,67	24,97
Общая кислотность, %	0,31 ± 0,01	0,14	0,41	17,71
Хлорофилл а, мг/100 г	74,31 ± 3,83	34,33	115,74	25,24
Хлорофилл b, мг/100 г	33,07 ± 1,62	14,76	49,20	23,95
Сумма хлорофиллов, мг/100 г	107,38 ± 5,26	49,09	164,94	24,01
Каротиноиды, мг/100 г	29,42 ± 1,52	11,88	43,74	25,34
Каротины, мг/100 г	6,79 ± 0,30	3,14	10,54	21,45
β-Каротин, мг/100 г	5,00 ± 0,24	2,12	7,63	24,01
Антоцианы, мг/100 г на сухой вес	16,06 ± 1,03	8,50	25,50	31,50

* Статистически достоверно при $p < 0,05$.

Аскорбиновая кислота

Аскорбиновая кислота (АК) рассматривается как жизненно важный метаболит, необходимый для регуляции основных физиолого-биохимических процессов в растениях, и также является одним из важных антиоксидантов [25]. Содержание АК в смеси кормовых трав пастбищных угодий в Якутии [26] колебалось от 25,85 до 45,65 мг/100 г. В нашем исследовании в растениях люцерны хмелевидной наблюдалось более высокое накопление АК — среднее значение было 66,70 мг/100 г, с сильным варьированием ($CV = 50,96$) от 24,80 до 148,80 мг/100 г (табл. 2). Наличие значительной изменчивости в содержании АК в отдельных образцах дает возможность проводить селекционную работу на улучшение химического состава растений. С наиболее высоким содержанием АК (более 99 мг/100 г) нами выделено 4 сорта, один из которых относился к бикарпикам: к-52555 Мира из Московской обл. (124,0 мг/100 г); три — к поликарпикам: к-43251 Nordol из Дании (99,2 мг/100 г), к-41610 Virgo Pajbjerg из Германии (114,1 мг/100 г) и к-48497 Virgo из Дании (124,0 мг/100 г). Выявленные образцы с высоким содержанием аскорбиновой кислоты рекомендуются для использования в практической селекции и в кормопроизводстве.

Сахара

Сухое вещество зеленой массы люцерны хмелевидной представлено преимущественно углеводами. Сахар — это первый продукт, который производится растением в процессе фотосинтеза и всегда будет представлен в вегетативной массе. Известно, что сахара являются энергетическим материалом, накопление которого в разных органах растений способствует сохранению их в период стресса. При выпасе желателен определенный уровень сахара в травах, так как это доступная энергия для животных и сахара способствуют поедаемости корма. Углеводы также влияют на обмен веществ, молочную продуктивность и воспроизводительную способность животных [27]. При заготовке силоса сахар также требуется для ферментации, но только до определенного уровня, около 15 % сухого веса в свежих травах и 3–4 % в сенаже после ферментации [28].

В изучаемой группе образцов (табл. 2) была отмечена самая высокая изменчивость по содержанию дисахаров ($CV = 86,72$), далее идут моносахара ($CV = 52,15$), а сумма сахаров показала наиболее стабильные значения ($CV = 24,97$). Диапазон вариации накопления суммы сахаров в зеленой массе люцерны хмелевидной варьировал от 0,44 до 2,67 % (в среднем 1,8), моносахаров — от 0,23 до 2,33 % (1,16) и дисахаров — от следовых количеств до 1,69 % (0,64). Проведенное в Поволжье исследование Косолаповой и Муссие [23] по изучению качества люцерны показало, что ее зеленая масса содержала 1,3 % сахаров. В нашем исследовании люцерна хмелевидная характеризовалась низким значением сахара — 7,82 %

(на сухой вес) при норме не менее 10 %. По результатам изучения нами были выделены 3 образца с наибольшим количеством суммы сахаров (более 2,3 %): один монокарпик — к-25734 дикорастущий из Казахстана (2,5 %) и два образца — поликарпика: к-31076 дикорастущий из Литвы (2,33 %) и к-43251 Nordol из Дании (2,67 %). Однако при пересчете на сухое вещество при норме 10 % соответствовали лишь выделенные поликарпические образцы (10,29 и 13,71 % соответственно).

Органические кислоты

Органические кислоты — одни из самых распространенных продуктов растительного метаболизма. Большую группу органических кислот составляют водорастворимые кислоты, определяющие кислотность растительного объекта, которая придает своеобразный вкус растительной пище. Главная фармакологическая ценность органических кислот растений состоит в нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта за счет снижения pH среды. При использовании люцерны в качестве корма высокие значения органических кислот необходимы при силосообразовании. Признанной оценкой кислотности анализируемого материала считается титруемая (общая) кислотность.

В изученных образцах титруемая кислотность была низкой и составляла в среднем 0,31 % в пересчете на яблочную кислоту, при этом диапазон изменчивости варьировал от 0,14 до 0,41 % (табл. 2). В литературе мы не нашли данных по содержанию органических веществ в люцерне посевной. В статье Ю.А. Победнова и сотр. [29] приведены данные для люцерны посевной по отдельным органическим кислотам (молочной, яблочной и лимонной), сумма данных кислот — 0,55 % в пересчете на сухой вес. В нашем исследовании значение титруемой кислотности при пересчете на сухой вес было 1,35 %. Наиболее высокое содержание наблюдалось у поликарпика к-48662 дикорастущего из Чехословакии (0,41 %).

Пигменты

По мнению А.А. Ничипоровича [30] и других ученых, из всех видов питания растений ведущим фактором в формировании урожая является фотосинтез, в процессе которого создается до 95 % сухого вещества. Важнейший компонент аппарата фотосинтеза — пигменты. Все зеленые ткани высших растений содержат хлорофиллы *a* и *b*, а также каротиноиды, которые локализованы в хлоропластах. К ним принадлежат β-каротин, лютеин, виолаксантин и неоксантин, которые часто сопровождаются меньшими количествами α-каротина, зеаксантина, β-криптоксантина и антераксантина [31] и играют непосредственную роль в процессе фотосинтеза.

Хлорофиллы a и *b*. Степень адаптации растений к климатическим условиям конкретного региона, стабильность и качество урожая во многом определяются состоянием

листового аппарата — главного органа, обеспечивающего фотосинтез [32]. В наших опытах накопление хлорофиллов а и b в растениях сильно менялось и зависело от происхождения (табл. 2). Содержание хлорофиллов варьировало от 49,09 до 164,94 мг/100 г (среднее значение — 107,38). С высоким содержанием суммы хлорофиллов выделены 3 дикорастущих образца (более 143 мг/100 г): один бикарпик к-48504 из Псковской обл. (143,65) и два поликарпика — к-38396 из Великобритании (157,28) и к-31076 из Литвы (164,94).

Каротиноиды. Желтые пигменты — каротиноиды — чрезвычайно широко распространены в растениях и состоят из смеси ксантофиллов (60 %) и каротинов (40 %), при этом цвет каротиноидов часто замаскирован молекулами хлорофилла. По данным В.В. Осиповой [31], суммарно содержание каротиноидов в зеленой массе люцерны серповидной и изменчивой составляло от 30,16 до 42,62 мг/100 г, что сопоставимо с нашими данными. Изученные нами образцы (табл. 2) зеленой массы люцерны хмелевидной накапливали каротиноиды от 11,88 до 43,74 мг/100 г (в среднем 29,42). С высоким содержанием каротиноидов выделились те же образцы, что и с высоким накоплением хлорофиллов: один бикарпик к-48504 из Псковской обл. (38,49 мг/100 г) и два поликарпика — к-38396 из Великобритании (43,74) и к-31076 из Литвы (42,47). Исследование В.В. Осиповой каротиноидов люцерны серповидной и изменчивой показало, что большую долю в сумме каротиноидов в листьях люцерны изучаемых ею сортов составляют лютеин и зеаксантин, затем виолоаксантин и β -каротин, меньше всего содержится неоксантина [31].

Сумма каротинов. В нашем изучении люцерны хмелевидной суммарное содержание каротинов также показало сильную изменчивость (табл. 2), диапазон которой колебался от 3,14 до 10,54 мг/100 г (среднее 6,79). Наиболее высоким накоплением суммы каротинов 10,54 мг/100 г выделился бикарпик — сорт Мира из Московской обл.

β -Каротин. В растениях каротины представлены смесью изомеров, наиболее активным является β -каротин, который в нашем исследовании составлял 53–96 % суммы каротинов и его диапазон изменчивости варьировал от 2,12 до 7,63 мг/100 г (в среднем 5,0 мг/100 г) (табл. 2). Оставшаяся часть суммы каротинов приходится на α -каротин, остальные каротины составляют менее 1 % суммы. По данным В.В. Осиповой, зеленая масса сортов люцерны серповидной и изменчивой отличалась высоким содержанием β -каротина (от 9,63 до 13,8; среднее 11,18 мг/100 г) [31]. В нашем исследовании содержание β -каротина в люцерне хмелевидной было в 2 раза ниже. Наиболее высоким содержанием β -каротина выделены те же дикорастущие образцы, что и с высоким накоплением хлорофиллов и каротиноидов: один бикарпик к-48504 из Псковской обл. (6,63 мг/100 г) и два поликарпика — к-38396 из Великобритании (7,37) и к-31076 из Литвы (7,63).

Антоцианы. Следующая группа пигментов — антоцианы, обладающие сильными антиоксидантными свойствами [33]. Это красящие вещества флавоноидной природы, ответственные за красный цвет растения и имеющие ряд положительных биологических эффектов [34]. Уровень антоцианов (табл. 2) в листьях люцерны хмелевидной был невысоким и изменялся от 8,50 до 25,50 мг/100 г на сухое вещество (среднее 16,06). Данные для сравнения по содержанию антоцианов в научной литературе для видов люцерны отсутствуют. Наибольшее количество антоцианов содержали четыре образца (более 20 мг/100 г), три из которых относились к монокарпикам: один сорт к-48568 Берегиня из Литвы (21,02 мг/100 г), два дикорастущих — к-25376 из Киргизии (24,20) и к-15414 из Украины (25,34); и один к бикарпикам — сорт Мира из Московской обл. (20,58).

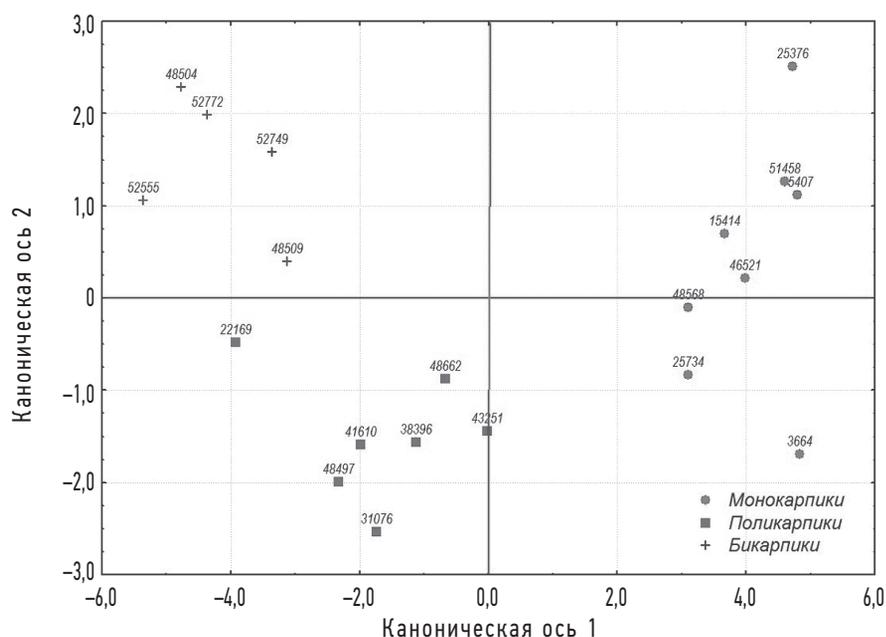
Сравнивая показатели, полученные для образцов из группы монокарпиков, бикарпиков и поликарпиков люцерны хмелевидной, были выявлены биохимические особенности каждой из групп образцов (табл. 3).

Зеленая масса монокарпиков достоверно отличалась от образцов других групп высоким содержанием сухого вещества (25,61 %) и низким — белка (13,68 %), бикарпика — низкими значениями сухого вещества (20,79 %) и высокими — белка (16,31 %), поликарпика — низкими цифрами сухого вещества (21,13 %) и белка (14,48 %). Содержание титруемых кислот, так же как и аскорбиновой кислоты, в образцах зеленой массы монокарпических, би- и поликарпических форм люцерны хмелевидной достоверных различий не имело. По содержанию сахаров достоверно отличались образцы монокарпиков, которые накапливали минимальное количество моносахаров и наибольшее количество дисахаров, тогда как зеленая масса бикарпиков и поликарпиков люцерны хмелевидной — высоким содержанием моносахаров и низким — дисахаров. Общее содержание сахаров у изучаемых групп не имело существенных различий. Не было найдено достоверных различий между изучаемыми группами по содержанию хлорофиллов, хотя для группы поликарпиков люцерны хмелевидной значения хлорофилла а было несколько выше. Содержание каротинов, в том числе β -каротина, в зеленой массе поликарпических форм люцерны хмелевидной было достоверно выше, для монокарпических были характерны средние значения, и самые низкие — для бикарпических образцов. По содержанию антоцианов достоверно различались все три группы, при этом монокарпиками характеризовались наибольшими значениями, средними — бикарпиками, и низкими — поликарпиками.

Дискриминантный анализ позволил оценить информационную ценность изученных признаков в разделении жизненных форм *M. lupulina*. В состав классификационной функции вошли следующие показатели: содержание сухого вещества, белка, аскорбиновой кислоты, общая кислотность ($p \leq 0,05$) и общее содержание сахаров ($p > 0,05$).

Таблица 3. Содержание основных питательных веществ в разных группах люцерны хмелевидной (на сырой вес)

Показатель	Жизненная форма			
	монокарпики	бикарпики	поликарпики	среднее
Сухое вещество, %	25,4 ± 0,46	20,8 ± 0,37	21,1 ± 0,51	22,7 ± 0,56
Белок, % на сухой вес	13,6 ± 0,28	16,6 ± 1,00	14,3 ± 0,65	14,6 ± 0,43
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	49,8 ± 4,72	66,5 ± 16,85	76,3 ± 14,03	63,2 ± 6,86
Моносахариды, %	0,7 ± 0,13	1,3 ± 0,12	1,7 ± 0,14	1,2 ± 0,13
Дисахариды, %	1,3 ± 0,09	0,3 ± 0,03	0,2 ± 0,12	0,7 ± 0,13
Сумма сахаров, %	2,0 ± 0,09	1,6 ± 0,10	1,9 ± 0,16	1,9 ± 0,08
Общая кислотность, %	0,34 ± 0,01	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,02	0,31 ± 0,01
Хлорофилл а, мг/100 г	73,4 ± 3,81	79,4 ± 6,89	84,1 ± 8,52	78,6 ± 3,71
Хлорофилл b, мг/100 г	33,8 ± 1,80	33,7 ± 2,75	35,4 ± 3,64	34,3 ± 1,54
Сумма хлорофиллов, мг/100 г	107,1 ± 4,68	113,0 ± 9,64	119,5 ± 12,15	112,9 ± 5,09
Каротиноиды, мг/100 г	31,4 ± 1,51	28,1 ± 3,18	31,3 ± 3,31	30,5 ± 1,48
Каротины, мг/100 г	6,9 ± 0,44	6,1 ± 0,29	7,8 ± 0,52	7,0 ± 0,30
β-Каротин, мг/100 г	5,2 ± 0,19	5,0 ± 0,47	5,5 ± 0,57	5,2 ± 0,23
Антоцианы, мг/100 г на сухой вес	19,5 ± 1,41	15,8 ± 1,86	13,0 ± 1,28	16,3 ± 1,04

**Рисунок.** Распределение образцов люцерны хмелевидной из коллекции ВИР в пространстве канонических осей

Число верных решений с учетом влияния вышеперечисленных показателей составило 95 %. Канонический дискриминантный анализ полученных результатов позволил уточнить дифференциацию монокарпических, бикарпических и поликарпических образцов люцерны хмелевидной, взятых в исследование. Было выделено две «информативно ценных» переменных Root 1 и Root 2. В структуре первой переменной (Root 1) основную роль играют показатели дисахаров и белка, во второй (Root 2) — содержание белка и аскорбиновой кислоты (89,8 и 10,2 % дисперсии соответственно). По первой канонической переменной отделяются монокарпики, по второй — бикарпические и поликарпические образцы люцерны хмелевидной.

Поликарпический образец к-22169 (Германия) по комплексу признаков ближе к бикарпическим формам (см. рисунок).

По результатам проведенного анализа и последующей статистической обработки установлено, что образцы зеленой массы моно-, би- и поликарпиков люцерны хмелевидной имеют особенности биохимического состава и различаются по показателям, характеризующим кормовую ценность. Так, для группы монокарпиков было характерно высокое содержание в зеленой массе сухого вещества дисахаров и антоцианов, для бикарпиков — белка и моносахаров, для поликарпиков — моносахаров, хлорофилла а, каротинов и β-каротина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, люцерна хмелевидная богата питательными веществами, которые очень важны в рационе жвачных животных. Наиболее качественными являются образцы изученной люцерны, сочетающие высокое содержание белка, аскорбиновой кислоты, сахаров и пигментов. Наличие значительной изменчивости в содержании веществ в образцах люцерны хмелевидной дает возможность проводить селекционную работу на улучшение химического состава сортов *M. lupulina* кормового значения. Полученные результаты демонстрируют перспективность углубленного изучения зеленой массы *M. lupulina* на наличие соединений-показателей устойчивости к стрессовым факторам среды для дальнейшего использования в селекции для создания новых устойчивых и высокопитательных сортов *M. lupulina* кормового назначения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли равный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого автора: Н.Ю. Малышева — сбор и обработка материалов, концепция и дизайн исследования, написание текста, обзор литературы; А.В. Соловьева, Т.В. Шеленга — сбор и обработка материалов, написание текста, обзор литературы; Л.Л. Малышев — анализ полученных данных, написание текста, обзор литературы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Small E. Alfalfa and relatives: evolution and classification of *Medicago*. Ottawa: NRC Research Press, 2011. 850 p. DOI: 10.1079/9781845937508.0000
2. Lesins K.A., Lesins I. Genus *Medicago* (Leguminosae). A taxogenetic study. Hague, Boston, London: Dr. W. Junk bv Publishers, 1979. 240 p. DOI: 10.1007/978-94-009-9634-2
3. Sims J.R., Koala S., Ditterline R.L., Wiesner L.E. Registration of 'George' Black Medic // *Crop Sci.* 1985. Vol. 25, No. 4. P. 709–710. DOI: 10.2135/CROPSCI1985.0011183X002500040041X.
4. Wilson L.C. Characteristics of black medic (*Medicago lupulina* L.) seed dormancy loss in Western Canada. Department of Plant Science University of Manitoba Winnipeg: MB, 2005. 119 p.
5. Entz M.H., Thiessen Martens J.R., May W., Lafond G.P. Black medic (*Medicago lupulina*) germplasm screening for use as a self-regenerating cover crop on the Canadian Prairies // *Can J Plant Sci.* 2007. Vol. 87, No. 4. P. 873–878. DOI: 10.4141/cjps06053
6. Amer N., Al Chami Z., Al Bitar L., et al. Evaluation of *Atriplex halimus*, *Medicago lupulina* and *Portulaca oleracea* for phytoremediation of Ni, Pb and Zn // *Int J Phytoremediation.* 2013. Vol. 15, No. 5. P. 498–512. DOI: 10.1080/15226514.2012.716102.
7. Butkute B., Padarauskas A., Cesevičiune J., et al. Phytochemical composition of temperate perennial legumes // *Crop Pasture Sci.* 2018. Vol. 69, No. 10. P. 1020–1030. DOI: 10.1071/CP18206
8. Matanzas-N., Aff-E., Díaz-T.E., Gallego J.R. Phytoremediation potential of native herbaceous plant species growing on a paradigmatic

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением № 075-15-2021-1050 от 28.09.2021. Исследование проводилось на материале из коллекции генетических ресурсов люцерны хмелевидной, хранящейся в ВИР.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made equal contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Contribution of each author: N.Yu. Malysheva — collection and processing of materials, research concept and design, writing text, literature review; A.V. Solovyova, T.V. Shelenga — collection and processing of materials, writing text, literature review; L.L. Malyshev — analysis of the data obtained, writing text, literature review.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. The article was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under agreement No. 075-15-2021-1050 date 28.09.2021. The research was performed on the material from the collection of black medic genetic resources held by VIR.

brownfield site // *Water, Air, and Soil Pollution.* 2021. Vol. 232. ID290. DOI: 10.1007/s11270-021-05234-9

9. Гроссгейм А.А. Люцерна — *Medicago* L. Флора СССР. Т. 11 / под ред. В.Л. Комаровой, Б.К. Шишкина. Москва, Ленинград: АН СССР, 1945. С. 129–176.

10. Синская Е.Н. Люцерна — *Medicago* L. Культурная флора СССР. Многолетние бобовые травы. Т. 13. Ленинград: Сельхозгиз, 1950. С. 7–217.

11. Медведев П.Ф. К вопросу о жизненной форме *Medicago lupulina* L. // *Ботанический журнал.* 1959. Т. 44, № 3. С. 1496–1498.

12. Виткус А.А. Биологические особенности и химический состав люцерны хмелевидной местной популяции в Юго-Восточной Литве (Особенности роста и развития одно- и двулетних растений) // *Труды Академии наук Литовской ССР. Серия В.* 1987. № 4. С. 17–23.

13. Степанова Г.В. Хозяйственная ценность дикорастущих образцов люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.) различного эколого-географического происхождения // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2009. Т. 166. С. 249–255.

14. Малышева Н.Ю. Биологическое разнообразие люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.) // *Вавиловия.* 2021. Т. 4, № 4. С. 28–37. DOI: 10.30901/265838602021428–37

15. Ступакова Н.С., Цуцупа Т.А. Становление жизненной формы *Medicago lupulina* L. (сем. Leguminosae) в процессе онтогенеза //

Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: естественные, технические и медицинские науки. 2012. № 6–1. С. 181–188.

16. Степанова Г.В., Воршева А.В. Формирование бикарпических популяций люцерны хмелевидной. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. Сборник научных трудов / под ред. В.М. Косолапова, А.С. Шпакова, А.А. Кутузовой, и др. Лобня: Всероссийский научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, 2021. С. 9–20. DOI: 10.33814/МАК-2021-25-73-9-20

17. Павлов Н.В. Растительное сырье Казахстана (Растения: их вещества и использование). Москва, Ленинград: Издательство АН СССР, 1947. 552 с.

18. Виткус А.А., Рузгене Р.Ю., Айджулене Н.В. Биологические особенности и химический состав люцерны хмелевидной местной популяции в Юго-Восточной Литве (Аскорбиновая кислота, каротин, тиамин, рибофлавин, пиридоксин, пантотеновая и никотиновая кислота) // Труды Академии наук Литовской ССР. Серия В. 1984. № 2. С. 18–23.

19. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова, В.В. Арасимовича, Н.П. Яроша, и др. Ленинград: Агропромиздат, 1987.

20. Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., et al. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption // J Agric Food Chem. 2006. Vol. 54, No. 11. P. 4069–4075. DOI: 10.1021/jf060300l

21. Karayilanli E., Ayhan V. Investigation of feed value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) harvested at different maturity stages // Legume Res. 2016. No. 39. P. 237–247 DOI: 10.18805/lr.v0i0F.9292.

22. Пятнинский Д.В. Урожайность сенокосно-пастбищных сортов люцерны изменчивой в одновидовых посевах и травосмесях: дис. ... канд. сельхоз. наук. 2018. 242 с.

23. Косолапова В.Г., Муссие С.А. Питательная ценность люцерны различных сортов в процессе роста и развития // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 17–24. DOI: 10.25685/KRM.2020.49.33.001

24. Игнатъев С.А., Регидин А.А., Кравченко Н.С., Горюнов К.Н. Оценка параметров экологической адаптивности образцов люцерны по признакам «урожайность зеленой массы» и «содержа-

ние сырого протеина» // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3. С. 34–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-34-40

25. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений: монография. Калининград: Изд-во Калининградского университета, 1997. 120 с.

26. Григорьева А.А., Миронова Г.Е. Содержание биологически активных веществ в кормовых травах пастбищных угодий Центральной Якутии // Вестник СВФУ. 2015. Т. 12, № 1. С. 25–30.

27. Птащев О.В., Лученок Л.Н., Сижук Л.В. Содержание структурных и неструктурных углеводов в травостое люцерны посевной, возделываемой на агроторфяных почвах // Мелиорация. 2020. № 2. С. 34–40.

28. Солдатова В.В., Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., и др. Можно ли силосовать люцерну? // Сельскохозяйственные вести. 2016. № 1. С. 48–51.

29. Победнов Ю.А., Мамаев А.А., Широкояр М.С., Осипян Б.А. Биологические источники сахара, аммиака и масляной кислоты при проявлении, сенажировании и силосовании люцерны // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 1. С. 79–90. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiod.2020.1.79-90

30. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Москва: Изд-во АН СССР, 1956. 96 с.

31. Осипова В.В. Пигменты фотосинтетического аппарата сортов люцерны (*Medicago falcata* L., *Medicago varia* Martyn) // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции: «Перспективы развития современных сельскохозяйственных наук». Воронеж, 2014. С. 13–16.

32. Грюнер Л.А., Кулешова О.В. Количество и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях ежевики // Современное садоводство. 2018. № 3. С. 74–80. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10311

33. Babova O., Occhipinti A., Capuzzo A., Maffei M.E. Extraction of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) antioxidants using supercritical/subcritical CO₂ and ethanol as co-solvent // J Supercrit Fluids. 2016. Vol. 107. P. 358–363. DOI: 10.1016/J.SUPFLU.2015.09.029

34. Kong J.-M., Chia L.-S., Goh N.-K., et al. Analysis and biological activities of anthocyanins // Phytochemistry. 2003. Vol. 64, No. 5. P. 923–933. DOI: 10.1016/S0031-9422(03)00438-2

REFERENCES

1. Small E. *Alfalfa and relatives: evolution and classification of Medicago*. Ottawa: NRC Research Press, 2011. 850 p. DOI: 10.1079/9781845937508.0000

2. Lesins KA, Lesins I. *Genus Medicago (Leguminosae). A taxogenetic study*. Hague, Boston, London: Dr. W. Junk bv Publishers, 1979. 240 p. DOI: 10.1007/978-94-009-9634-2

3. Sims JR, Koala S, Ditterline RL, Wiesner LE. Registration of 'George' Black Medic. *Crop Sci.* 1985;25(4):709–710. DOI: 10.2135/CROPSCI1985.0011183X002500040041X.

4. Wilson LC. *Characteristics of black medic (Medicago lupulina L.) seed dormancy loss in Western Canada*. Department of Plant Science University of Manitoba Winnipeg: MB, 2005. 119 p.

5. Entz MH, Thiessen Martens JR, May W, Lafond GP. Black medic (*Medicago lupulina*) germplasm screening for use as a self-regenerating cover crop on the Canadian Prairies. *Can J Plant Sci.* 2007;87(4):873–878. DOI: 10.4141/cjps06053

6. Amer N, Al Chami Z, Al Bitar L, et al. Evaluation of *Atriplex halimus*, *Medicago lupulina* and *Portulaca oleracea* for phytoremedia-

tion of Ni, Pb and Zn. *Int J Phytoremediation.* 2013;15(5):498–512. DOI: 10.1080/15226514.2012.716102.

7. Butkute B, Padaruskas A, Cesevičiene J, et al. Phytochemical composition of temperate perennial legumes. *Crop Pasture Sci.* 2018;69(10):1020–1030. DOI: 10.1071/CP18206

8. Matanzas-N, Aff-E, Díaz-TE, Gallego JR. Phytoremediation potential of native herbaceous plant species growing on a paradigmatic brownfield site. *Water, Air, and Soil Pollution.* 2021;232:290. DOI: 10.1007/s11270-021-05234-9

9. Grossgeim AA. *Lyutserna — Medicago L.* Komarova VL, Shishkin BK, editors. Flora SSSR. Vol. 11. Moscow, Leningrad: AN SSSR, 1945. P. 129–176. (In Russ.)

10. Sinskaya EN. *Lyutserna — Medicago L. Kul'turnaya flora SSSR. Mnogoletnie bobovye travy.* Vol. 13. Leningrad: Sel'khozgiz, 1950. P. 7–217. (In Russ.)

11. Medvedev PF. K voprosu o zhiznennoi forme *Medicago lupulina* L. *Botanicheskii zhurnal.* 1959;44(3):1496–1498. (In Russ.)

12. Vitkus AA. Biologicheskie osobennosti i khimicheskii sostav lyutserny khmelevidnoi mestnoi populyatsii v Yugo-Vostochnoi Litve (Osobennosti rosta i razvitiya odno- i dvuletnikh rastenii). *Trudy Akademii nauk Litovskoi SSR. Seriya V.* 1987;(4):17–23. (In Russ.)
13. Stepanova GV. Economic importance of wild black medic (*Medicago lupulina* L.) of different ecological and geographic origin. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding.* 2009;166:249–255. (In Russ.)
14. Malysheva NYu. Biological diversity of black medic (*Medicago lupulina* L.). *Vavilovia.* 2021;4(4):28–37. (In Russ.) DOI: 10.30901/265838602021428-37
15. Stupakova NS, Tsutsupa TA. Biomorphs of *Medicago lupulina* L. Formation in the process of the ontogeny. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: estestvennye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki.* 2012;(6–1):181–188. (In Russ.)
16. Stepanova GV, Vorsheva AV. Formation of bicarpic populations of black medic. Kosolapov VM, Shpakov AS, Kutuzova AA, et al, editors. *Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo. Sbornik nauchnykh trudov.* Lobnya: Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, 2021. P. 9–20. (In Russ.) DOI: 10.33814/MAK-2021-25-73-9-20
17. Pavlov NV. *Rastitel'noe syr'e Kazakhstana (Rasteniya: ikh veshchestva i ispol'zovanie).* Moscow, Leningrad: Izdatel'stvo AN SSSR, 1947. 552 p. (In Russ.)
18. Vitkus AA, Ruzgene RYu, Aidzhyulene NV. Biologicheskie osobennosti i khimicheskii sostav lyutserny khmelevidnoi mestnoi populyatsii v Yugo-Vostochnoi Litve (Askorbinovaya kislota, karotin, tiamin, riboflavin, piridoksin, pantotenovaya i nikotinovaya kislota). *Trudy Akademii nauk Litovskoi SSR. Seriya V.* 1984;(2):18–23. (In Russ.)
19. Ermakov AI, Arasimovich VV, Yarosh NP, et al editors. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii.* Leningrad: Agropromizdat, 1987. (In Russ.)
20. Wu X, Beecher GR, Holden JM, et al. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *J Agric Food Chem.* 2006;54(11):4069–4075. DOI: 10.1021/jf060300l
21. Karayilanli E, Ayhan V. Investigation of feed value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) harvested at different maturity stages. *Legume Res.* 2016;(39):237–247 DOI: 10.18805/lr.v0i0F.9292.
22. Pyatninskii DV. *Urozhainost' senokosno-pastbishchnykh sortov lyutserny izmenchivoi v odnovidovykh posevakh i travosmesyakh* [dissertation]. 2018. 242 p. (In Russ.)
23. Kosolapova VG, Mussie SA. Nutritional value of alfalfa genotypes at various growth stages. *Fodder Journal.* 2020;(10):17–24. (In Russ.) DOI: 10.25685/KRM.2020.49.33.001
24. Ignatiev SA, Regidin AA, Kravchenko NS, Goryunov KN. Estimation of the parameters of the ecological adaptability of the alfalfa samples according to the traits 'green mass productivity' and 'raw protein percentage'. *Grain Economy of Russia.* 2021;(3):34–40. (In Russ.) DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-34-40
25. Chupakhina GN. *Sistema askorbinovoi kisloty rastenii: monografiya.* Kaliningrad: Izdatel'stvo Kaliningradskogo universiteta, 1997. 120 p. (In Russ.)
26. Grigoryeva AA, Mironova GE. Content of Biologically Active Substances in the Forage Grasses of Central Yakutia Rangelan. *Vestnik of North-Eastern Federal University.* 2015;12(1):25–30. (In Russ.)
27. Ptashats OV, Luchanok LN, Sizhuk LV. The content of structural and non-structural carbohydrates in plants of alfalfa, cultivated on agro-peat soils. *Land Reclamation.* 2020;(2):34–40. (In Russ.)
28. Soldatova VV, Ilydyrym EA, Il'ina LA, et al. Mozhno li silosovat' lyutsernu? *Sel'skokhozyaistvennyye vesti.* 2016;(1):48–51. (In Russ.)
29. Pobednov YuA, Mamaev AA, Shirokorad MS, Osipyan BA. Biological sources of sugar, ammonia and butyric acid while wilting and ensiling alfalfa. *Problems of productive animal biology.* 2020;(1):79–90. (In Russ.) DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbior.2020.1.79-90
30. Nichiporovich AA. *Fotosintez i teoriya polucheniya vysokikh urozhayev.* Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1956. 96 p. (In Russ.)
31. Osipova VV. Pigmenty fotosinteticheskogo apparata sortov lyutserny (*Medicago falcata* L., *Medicago varia* Martyn). Proceeding of the international science and practice conference: "Perspektivy razvitiya sovremennykh sel'skokhozyaistvennykh nauk". Voronezh, 2014. P. 13–16. (In Russ.)
32. Gruner LA, Kuleshova OV. Number and ratio of photosynthetic pigments in blackberry leaves. *Contemporary horticulture.* 2018;(3):74–80. (In Russ.) DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10311
33. Babova O, Occhipinti A, Capuzzo A, Maffei ME. Extraction of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) antioxidants using supercritical/subcritical CO₂ and ethanol as co-solvent. *J Supercrit Fluids.* 2016;107:358–363. DOI: 10.1016/J.SUPFLU.2015.09.029
34. Kong J-M, Chia L-S, Goh N-K, et al. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry.* 2003;64(5):923–933. DOI: 10.1016/S0031-9422(03)00438-2

ОБ АВТОРАХ

Наталья Юрьевна Малышева, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, отдел ГР зернобобовых культур; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5688-6694>; Scopus: 57215428573; e-mail: nataliem1@yandex.ru

Татьяна Васильевна Шеленга, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, отдел биохимии и молекулярной биологии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>; eLibrary SPIN: 3654-5416; Scopus: 37069721500; e-mail: tatianashelenga@yandex.ru

AUTHORS' INFO

Natalia Yu. Malysheva, Cand. Sci. (Agricultural), Senior Research Associate, Department of Grain Legumes; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5688-6694>; Scopus: 57215428573; e-mail: nataliem1@yandex.ru

Tatiana V. Shelenga, Cand. Sci. (Biol.), Leading Research Associate, Department of Biochemistry and Molecular Biology; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3992-5353>; eLibrary SPIN: 3654-5416; Scopus: 37069721500; e-mail: tatianashelenga@yandex.ru

ОБ АВТОРАХ

Алла Евгеньевна Соловьева, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела биохимии и молекулярной биологии;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>;
eLibrary SPIN: 1754-4144; Scopus: 14013677500;
e-mail: alsol64@yandex.ru

***Леонид Леонидович Малышев**, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, группа ГР многолетних кормовых злаков отдела ГР овса, ржи, ячменя;
адрес: Россия, 190000, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., д. 42;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>;
eLibrary SPIN: 9697-2351; Scopus: 57208387487;
e-mail: l.malyshev@vir.nw.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

Alla E. Solovyeva, Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Associate, Department of Biochemistry and Molecular Biology;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6201-4294>;
eLibrary SPIN: 1754-4144; Scopus: 14013677500;
e-mail: alsol64@yandex.ru

***Leonid L. Malyshev**, Cand. Sci. (Agricultural), Leading Research Associate, group of GR perennial fodder cereals of the department of GR oats, rye, barley;
address: 42, Bolshaya Morskaya st., Saint Petersburg, 190000, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>;
eLibrary SPIN: 9697-2351; Scopus: 57208387487;
e-mail: l.malyshev@vir.nw.ru