

БОТАНИКА, БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Оригинальная научная статья
 УДК 633.31:581.14:581.15:581.16(571.1/5)
 doi: 10.26897/2949-4710-2023-2-6-18

Кормовая характеристика и состояние ценопопуляций *Medicago falcata* L. в Сибири

Нина Андреевна Карнаухова¹, Серафима Яковлевна Сыева²

¹ Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

² Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Автор, ответственный за переписку: Серафима Яковлевна Сыева; serafima-altai@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты комплексного исследования Люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.) – широко распространенного кормового растения природной флоры Сибири. Цель исследований: выявить кормовую ценность вида, особенности его приспособленности к разнообразным ботанико-географическим зонам Сибири, а также устойчивость вида и способность к самовосстановлению при антропогенном воздействии. Для этого в 13 ценопопуляциях *M. falcata* изучали онтогенетическую структуру, морфометрические показатели и семенную продуктивность у 15-25 средневозрастных генеративных особей, а также химический состав образцов на питательность. Исследование кормовой ценности *M. falcata* в широких эколого-географических пределах показало, что содержание протеина в воздушно-сухом веществе отличается по регионам: в Хакасии – в среднем 22,9%; в Республике Алтай – до 15,9%; в Новосибирской области – до 14,33%. В 1 кг сена из люцерны содержится от 0,47 до 0,67 корм. ед. Установлено, что большой жизненный цикл *M. falcata* в разных ботанико-географических зонах в зависимости от уровня антропогенного воздействия может протекать в различных вариантах. В ненарушенных фитоценозах чаще встречаются стержнекорневые растения, а в фитоценозах, подверженных антропогенному воздействию, – в основном корневищно-стержнекорневые особи. Следовательно, антропогенные факторы влияют на численность, биомассу особей, характер семенного возобновления и онтогенетическую структуру ценопопуляций *M. falcata*.

Ключевые слова: *Medicago falcata* L., люцерна серповидная, кормовая ценность, жизненная форма, семенная продуктивность, содержание протеина, кормовые единицы, влияние антропогенных факторов на ценопопуляции, Сибирь

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственных заданий Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту АААА-А21-121011290025-2 и Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий по проекту № НИОКТР 121112600046-2. Сбор материалов проведен при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Алтай проекта № 20-44-040002 р_а.

Для цитирования. Карнаухова Н.А., Сыева С.Я. Кормовая характеристика и состояние ценопопуляций *Medicago falcata* L. в Сибири // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 2. – С. 6-18. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2023-2-6-18>

© Карнаухова Н.А., Сыева С.Я., 2023

BOTANY, BIOLOGICAL RESOURCES

Original article
 doi: 10.26897/2949-4710-2023-2-6-18

Feed Characteristics and State of *Medicago Falcata* L. Cenopopulations in Siberia

Nina A. Karnaukhova¹, Serafima Ya. Syeva²

¹ Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

² Federal Altai Scientific Centre for Agrobiotechnology, Barnaul, Russian Federation

Corresponding author: Serafima Ya. Syeva, serafima-altai@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of *Medicago falcata* L. – a widespread fodder plant of the natural flora of Siberia. The aim of the research is to find out the fodder value of the species, its adaptability to different botanical and geographical zones of Siberia, as well as its stability and self-restoration ability under anthropogenic influence. To this end, the ontogenetic structure, morphometric parameters, and seed production of 15-25 middle-aged generative individuals, as well as the chemical composition of fodder samples, were studied in 13 cenopopulations of *M. falcata*. The study of the fodder value of *M. falcata* in a wide ecological and geographical range showed that the protein content in air-dry matter

differed from region to region: in Khakassia – on average 22.9%, in the Altai Republic – up to 15.9%, in the Novosibirsk region – up to 14.33%. One kilogram of alfalfahay contains from 0.47 to 0.67 feed units. It was found that the long life cycle of *M. falcata* in different botanical-geographical zones can take place in different variants, depending on the level of anthropogenic influence. Taproot plants are more common in undisturbed phytocenoses, whereas in phytocenoses exposed to anthropogenic impacts, rootstock taproot plants are predominant. Consequently, anthropogenic factors influence the number and biomass of species, the mode of seed regeneration and the ontogenetic structure of *M. falcata* cenopopulations.

Key words: *Medicago falcata* L., fodder value, life form, seed production, protein content, fodder units, influence of anthropic factors on cenopopulations, Siberia.

Acknowledgments. This work was carried out within the framework of the state assignments of the Central Siberian Botanical Gardens of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences under the project AAAA-A21-121011290025-2 and the Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology under the project No. R&D121112600046-2. The materials were collected with partial financial support from the RFBR and the Altai Republic Government of the project No. 20-44-040002 p_a.

For citation. Karnaukhova N.A., Syeva S. Ya. Feed characteristics and state of *Medicago falcata* L. cenopopulations in Siberia // Timiryazev Biological Journal. 2023; 2: 6-18. (In Rus.). <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2023-2-6-18>

Введение

Род *Medicago* насчитывает в мире более 100 видов одно- и многолетних трав или полукустарников, в России – около 50 видов [1], в Сибири, по данным В.И. Курбатского [2], – 5 видов (*M. falcata* L., *M. sativa* L., *M. lupulina* L., *M. minima* (L.) Bartal, *M. trautvetteri* Sumn.). Наиболее распространенным является *Medicago falcata* (люцерна серповидная) – многолетнее поликарпическое растение с безрозеточными моноциклическими вегетативными или генеративными побегами и мощной развитой корневой системой. Встречаются стержнекорневые, корневищные и корнеотпрысковые формы в зависимости от условий обитания вида [3, 4]. Это евразийский вид. Растет люцерна на самых разнообразных лугах, в луговых степях, на полянах, опушках, придорожных полосах. На протяжении своего обширного ареала обладает большим полиморфизмом [2, 4]. *M. falcata* – это морозостойкий, холодостойкий, выдерживающий кратковременные заморозки (до -5°C) весной и осенью, скороспелый, влаголюбивый и в то же время устойчивый к летним засухам вид. Почвы предпочитает плодородные рыхлые, водопроницаемые слабокислые и нейтральные, различные по механическому составу.

Выживанию люцерны в районах с широким спектром климатических условий и на участках с самыми различными грунтами способствует сильно развитая корневая система. Значительной является роль люцерны в повышении почвенного плодородия, так как на ее корнях обильно образуются клубеньки с азотфиксирующими микроорганизмами [5]. Используется для залужения лугов и пастбищ, склоновых земель, подверженных водной и ветровой эрозии. Люцерна заметно улучшает структуру и плодородие почвы и является ценным предшественником многих культур, характеризуется устойчивостью к основным болезням и вредителям [6].

Люцерна серповидная считается хорошим кормовым растением, так как отлично поедается всеми видами животных как в свежем виде, так и в сене. Она часто используется для подсева на природных пастбищах, потому что хорошо противостоит вытаптыванию, неплохо отрастает после стравливания [7]. В культуре используется в чистом посеве или в смеси с многолетними злаковыми травами на зеленую подкормку, сено, силос, травяную муку. Урожайность зеленой массы составляет 75-150 ц/га, сена – 25-75 ц/га, урожайность семян – 0,5-3,0 ц/га [8, 9]. Люцерна используется в селекционных программах в качестве одного из компонентов при скрещивании с культурными видами: люцерной посевной и изменчивой [9]. Также люцерна является хорошим медоносом. Известно, что каждое соцветие образует от 13,6 до 32,34 мг бледно-желтой пыльцы, а все растение – 8,7 г [6].

Значительный процент участия *M. falcata* в структуре травостоя и высокий уровень семенной продуктивности ежегодно обеспечиваются за счет образования массы продуктивных надземных побегов на интенсивно нарастающих корневищах, что сопряжено с особенностями морфогенеза ее корневой системы, представляющей смешанный длиннокорневищно-стержнекорневой тип [6, 10, 11]. Как и у многих других бобовых, наряду с семенами, прорастающими на следующий год после опадения, формируется много (в отдельных случаях до 80%) «твердокаменных» семян, которые пополняют почвенный запас и прорастают через разные промежутки времени после созревания.

Согласно данным литературы [4, 12] *M. falcata* отличается следующими характерными морфологическими признаками:

- многочисленные стебли, восходящие или простертые, от 20 до 80 см высотой;
- тройчатые листья с обратно-яйцевидными листочками, листовой индекс – 2,5-3,0;
- сохранение стержневой корневой системы в пределах ареала;
- многолетняя стеблевая часть представлена каудексом, первоначальной осью которого «... является углубленный в почву гипокотиль с семядольными почками и основания нарастающих и сменяющих друг

друга побегов 2-3-го порядков с почками в их базальной части... каудекс формируется на уровне почвы, а затем постепенно углубляется в нее. У основания многочисленных побегов, возникающих на втянутом в почву каудексе, часто образуются придаточные стеблевые корни. Они, а также придаточные корни у почек в основании развивающегося побега способствуют тому, что базальная часть молодого побега приобретает плагиотропный характер, полегает или углубляется в почву. Благодаря единой камбиальной системе каудекс, как и корень, сильно разрастается в толщину и становится многолетней основой всей надземной части этого травянистого растения...» [12];

– корневища обычно образуются к третьему году жизни, «...возникают осенью из семядольных почек каудекса в виде ...подземных плагиотропных побегов. По способу образования их можно отнести к корневищам гипогейного типа...» [10], нарастают симподиально и превращаются в разветвленный длинный шнуровидный подземный орган, характеризующийся метамерным строением, в отличие от главного и боковых корней. В естественных условиях при ежегодном вегетативном возобновлении у вида может возникать несколько парциальных кустов, связанных друг с другом гипогейными корневищами [12].

Во время пастбы скота и при регулярном сенокосении наблюдается в основном вегетативное размножение люцерны. По данным Н.М. Григорьевой [4], в антропогенных фитоценозах были выделены своеобразные особи со слабо развитой придаточной корневой системой, расположенной параллельно поверхности почвы, образование которых связано в основном с механическими повреждениями. Исследователь отмечает, что «...антропогенные факторы также влияют на численность, биомассу, характер семенного возобновления и возрастную структуру ценопопуляций *M. falcata*...» [4]. В разнообразных природно-климатических условиях эти изменения могут различаться. Популяционный анализ растительных сообществ позволяет прогнозировать развитие и трансформацию естественных ценозов, находящихся под антропогенным воздействием, и решать задачи, направленные на оптимизацию биогеоценотического покрова [13].

Цель исследований: выяснить кормовую ценность *Medicago falcata*, особенности адаптации и устойчивости вида в разнообразных условиях произрастания и при различной степени антропогенной нагрузки. В связи с этим проведены биохимические, морфометрические исследования и изучена онтогенетическая структура ценопопуляций *M. falcata* в Новосибирской области, Хакасии и Горном Алтае.

Методика исследований

Изучение *Medicago falcata* проводилось с 2013 по 2022 гг. в различных условиях произрастания Новосибирской области, Республик Алтай и Хакасия. В Республике Алтай исследования проводились в сообществах естественных пастбищ среднегорий с различной стадией пастбищной дигрессии в интервале высот от 900 до 1400 м над уровнем моря. В Новосибирской области и Республике Хакасия чаще всего местообитание *M. falcata* расположено на равнинных степных участках или склонах небольших сопков, на лугах и залежах.

Онтогенетическую структуру ценопопуляций (ЦП) *M. falcata* изучали с применением принятых в популяционной биологии растений методов и подходов, разработанных Т.А. Работновым [14], А.А. Урановым [15] и его учениками [16, 17], с учетом описаний жизненных форм и онтогенезов люцерны М.С. Снаговской [18] и Н.М. Григорьевой [4]. Онтогенетическая структура ценопопуляции определялась как соотношение разных онтогенетических групп в сообществе. За счетную единицу в течение всего онтогенеза *M. falcata* принималась особь.

Сбор материала осуществлялся в пределах одного участка ассоциации внутри ее контура в период цветения *M. falcata*. Морфометрические показатели учитывались у 15-25 средневозрастных генеративных особей. Семенная продуктивность особей изучалась по методике И.В. Вайнагий [19]. Питательность определяли на основе химического состава образцов надземной части *M. falcata* согласно общепринятым методикам анализа кормов [20] на базе лаборатории аналитических исследований ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий». Определены следующие показатели: содержание сухого вещества и гигровлаги; общего азота по методу Кьельдаля; сырой золы методом озольнения в муфельной печи; сырой клетчатки по методу Геннеберга и Штомана; сырого жира по методу обезжиренного остатка в аппарате Сокслета; безазотистых экстрактивных веществ подсчетом разности 100%-ного содержания протеина, жира, клетчатки, золы и воды. Питательность растения определена расчетным методом с использованием коэффициентов переваримости кормов [21].

Исследования по определению стадий дигрессии на пастбищах проведены по методикам А.А. Горшковой [22] и Э.А. Ершовой [23]. Стадии пастбищной дигрессии определяли по шкале: естественное состояние растительности при незначительном выпасе – I стадия; начальные стадии угнетения травостоя при постоянном выпасе – II стадия; угнетение травостоя при усиленном выпасе – III стадия; сбой (толока) – IV стадия.

Статистическая обработка материала по биометрическим показателям и онтогенетической структуре ЦП проводилась при помощи пакета программ Excel. Уровни изменчивости оценивались по шкале С.А. Мамаева [24].

Результаты и их обсуждение

Виды рода *Medicago* часто встречаются на пастбищах, хорошо поедаются домашними животными как при выпасе, так и в сене, и характеризуются богатым биохимическим составом. По данным К.А. Соболевской с соавт. [25], отмечается, что люцерна находится на первом месте по выходу с единицы площади растительного белка, хорошо сбалансированного по аминокислотному составу.

Содержание протеина в сухом веществе и кормовых единиц сильно различается в зависимости от экологических условий произрастания. Так, по данным Р.Я. Пленник с соавт. [26], в экотипах люцерны серповидной в Туве содержание протеина колебалось от 14,7 (лугово-степной экотип) до 18,0 (лугово-солончаковый) и 21,9% (опустыненно-степной). Как указывают К.А. Соболевская и соавт. [25], в условиях Бурятии растения *M. falcata* накапливают протеин в пределах 17,7-18,0%. В Новосибирской области, по данным Т.В. Корниевской и М.М. Силантьевой [27], содержание протеина у *M. falcata* составляет 14,9%.

Изучение люцерны серповидной на содержание микроэлементов в Западном Забайкалье показало, что цинк является наиболее дефицитным элементом, молибден – наиболее избыточным, а в содержании меди отмечены как недостаток, так и избыток; содержание Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sr, Zr, Ba в основном находилось в пределах нормы [28].

Результаты анализа (табл. 1), полученные из образцов растений *M. falcata*, произрастающей в Хакасии, также свидетельствуют о высоком содержании в сухом веществе надземной массы протеина (17,03-29,53%), золы (6,75-10,67%), БЭВ (39,71-46,15%), клетчатки (22,30-25,35%) и о небольшом количестве жира (0,52-1,67%).

Таблица 1

Химический состав *Medicago falcata* L. в фазу цветения в различных условиях произрастания

Место произрастания	В абс. сухом веществе, %					Питательность 1 кг сена	
	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	сырая зола	БЭВ	к. ед.	ПП*, г
Республика Хакасия							
Усть-Абаканский р-н, окр. г. Усть-Абакан, крупно-дерновинная степь	29,53	1,22	22,30	7,24	39,71	0,53	42,9
Ширинский р-н, берег оз. Беле, ковыльно-злаковая степь	21,69	1,5	24,75	7,66	44,4	0,52	32,1
Таштыпский р-н, окр. с. Илек, полынно-злаковая степь	23,47	1,67	24,2	6,75	43,91	0,53	34,1
Орджоникидзевский р-н, окр. с. Устинкино, злаково-разнотравный луг	17,03	0,52	25,35	10,67	46,15	0,52	25,2
Новосибирская область							
Тогучинский р-н, окр. пос. Семеновский, подножье сопки Лысая, остепненный разнотравно-злаковый луг	11,47	2,52	30,35	8,72	49,46	0,62	86,0
Там же, середина склона южной экспозиции, ковыльная степь	12,03	2,4	27,98	6,62	53,37	0,67	90,0
Чулымский р-н, окр. д. Зырянка, злаково-разнотравный луг	14,33	2,6	25,43	6,77	35,48	0,47	97,0
Республика Алтай							
Онгудайский р-н, окр. с. Каракол, бобово-злаковый остепненный луг	15,52	2,32	27,66	8,55	32,25	0,43	93,1
Усть-Канский р-н, окр. с. Кырлык, бобово-злаковый остепненный луг	15,90	3,32	21,93	7,79	38,86	0,44	95,4
Улаганский р-н, урочище Мёны, бобово-злаково-разнотравная луговая степь	15,31	3,20	26,21	8,12	38,00	0,43	94,0

Примечание. ПП* – переваримый протеин.

Table 1

Chemical composition of *Medicago falcata* L. during the flowering phase under different growing conditions

Location place of growth B.E.E.PP*, g	Abs. dry matter, %					Nutrient content of 1 kg of hay	
	crude protein	crude fat	crude fibre	crude ash	free-nitrogen extract	fodder unit	DP*, g
Republic of Khakassia							
Ust-Abakan district, vicinity of Ust-Abakan, coarse-grass steppe	29.53	1.22	22.30	7.24	39.71	0.53	42.9
Shirinsky district, shore of Lake Bele, feather-grass steppe	21.69	1.5	24.75	7.66	44.4	0.52	32.1
Tashtypsky district, vicinity of Imek village, wormwood-grass steppe	23.47	1.67	24.2	6.75	43.91	0.53	34.1
Ordzhonikidze district, vicinity of Ustinkino village, cereal-grass meadow	17.03	0.52	25.35	10.67	46.15	0.52	25.2
Novosibirsk Region							
Toguchinsky district, vicinity of Semenovskiy settlement, foot of Lysaya hill, steppe herb-grass meadow	11.47	2.52	30.35	8.72	49.46	0.62	86.0
Same place, mid-slope on the southern slope, feather-grass steppe	12.03	2.4	27.98	6.62	53.37	0.67	90.0
Chulymsky district, vicinity of Zyryanka village, cereal-grass meadow	14.33	2.6	25.43	6.77	35.48	0.47	97.0
Republic of Altai							
Ongudai district, vicinity of Karakol village, bean-grass-steppe meadow	15.52	2.32	27.66	8.55	32.25	0.43	93.1
Ust-Kansky district, vicinity of Kyrlyk village, bean-grass-steppe meadow	15.90	3.32	21.93	7.79	38.86	0.44	95.4
Ulagan district, Meny tract, bean-grass-grass meadow steppe	15.31	3.20	26.21	8.12	38.00	0.43	94.0

Note. DP* – digested protein.

В Новосибирской области в образцах *M. falcata* показатели содержания жира значительно выше (2,4-2,6%), содержание протеина – меньше (11,47-14,33%), но переваримого протеина – от 86 до 97 г на 1 кг сена, что превышает показатели образцов из Хакасии (25,2-42,9%) в 2-3 раза. Питательность 1 кг сена из люцерны во всех образцах при этом колеблется в пределах 0,47-0,67 корм. ед. В Республике Алтай в 1 кг сухого вещества надземной фитомассы у дикорастущей люцерны серповидной содержится сырого протеина до 15,9%, клетчатки – до 27,7%, БЭВ – 38,9%; в 1 кг сена содержится до 0,44 корм. ед. и до 95,4 г переваримого протеина (табл. 1). В 1 кг корма у люцерны серповидной содержится калия – 2,13 г, кальция – 4,1 г, фосфора – 0,6 г.

Таким образом, установлено, что содержание сырого протеина является наиболее высоким (23,5-29,5%) в образцах люцерны из степных районов Хакасии; корм. ед. в 1 кг сена (0,62-0,67) – в образцах из Новосибирской области; переваримого протеина (95,4-97,0) – в образцах из Республики Алтай и Новосибирской области.

Биометрические характеристики особей в течение онтогенеза изменяются по одновершинной кривой: сначала увеличиваясь, достигая максимума в средневозрастном генеративном состоянии, затем снижаясь. Сравнение морфометрических показателей средневозрастных генеративных особей *M. falcata*

в различных эколого-фитоценологических условиях произрастания показало достаточно широкую амплитуду изменчивости (табл. 2).

Заметно различаются такие признаки, как высота растений (от 76,7 до 11,1 см), надземная биомасса особи (от 197,2 до 1,25 г), число побегов (от 69,8 до 3,6), число соцветий (от 949,0 до 5,1 шт. на особь), ПСП (от 73,2 до 132 шт. на особь). Максимальные величины отмечены в ненарушенных местообитаниях Новосибирской области, а минимальные – на пастбищах Республики Алтай.

Под влиянием интенсивного выпаса на степных пастбищах Республики Алтай у *M. falcata* наблюдается уменьшение всех величин морфометрических показателей, а также семенной продуктивности. Так, потенциальная семенная продуктивность (ПСП) при антропогенном воздействии составляет на сенокосном участке более 8000 семян на особь, на пастбищах с III-IV стадиями дигрессии завязываются только 130-450 шт. семян на особь (табл. 2).

Изучение онтогенетической структуры ЦП *M. falcata* в различных условиях произрастания показало, что в ненарушенных фитоценозах или с незначительным антропогенным воздействием чаще всего встречаются стержнекорневые особи.

Онтогенетический спектр в таких ценопопуляциях является одновершинным, максимум принадлежит генеративным особям: старым – на старой залежи в ЦП 1 в Хакасии; средневозрастным – в ЦП 2 Семеновка-1 в луговой степи Новосибирской области (табл. 3).

Таблица 2

Морфометрические показатели *Medicago falcata* L. в различных условиях произрастания

Место произрастания	Биомасса особи сырая, г	Высота особи, см	Длина, см		Число, шт.		ПСП*
			листа	листочка	побегов	соцветий	
Новосибирская область							
Тогучинский район, окр. д. Семеновка (1), подножие склона сопки, луговая разнотравно-злаковая степь	197,2±29,9	76,7±3,1	3,0±0,2	1,8±0,03	69,8±4,7	949,0±81,9	73205,9
Там же, Семеновка (2), юго-восточный склон сопки, ковыльная степь, после пожара	143,5±18,7	55,8±2,4	2,8±0,1	1,7±0,1	36,4±3,5	108,3±9,1	10238,7
Республика Хакасия							
Ширинский район, окр. д. Малый Спирин, долина р. Карыш, залежь	12,3±1,7	42,8±4,0	2,8±0,3	1,2±0,1	12,9±2,5	85,7±14,8	5517,4
Республика Алтай							
Улаганский район, уроч. Мёны, 1419 м над ур. моря, луговая степь, II стадия ПД**	42,7± 6,9	58,6±3,5	4,5±0,4	1,5±0,1	19,4±2,8	59,8±11,5	8478,4
Онгудайский район, окр. с. Каракол (1), 907 м, остепненный луг, II-III стадии ПД	1,7±0,3	20,8±1,6	1,3±0,1	0,9±0,1	3,6±0,6	7,8±1,3	182,4
Окр. с. Каракол (2), 911 м, луговая степь, III-IV стадии ПД	1,25±0,2	11,1±0,9	1,3±0,1	1,0±0,1	3,8±0,4	5,1±0,7	132,0
Усть-Канский район, окр. с. Кырлык, 1095 м, луговая степь, III-IV стадии ПД	2,0±0,4	11,3±1,0	1,5±0,06	0,8±0,04	6,0±0,9	8,3±1,7	489,1

Примечание. ПСП* – потенциальная семенная продуктивность; ПД** – пастбищная дигрессия.

Table 2

Morphometric indices of *Medicago falcata* L. under different growing conditions

Location growth area	Crude biomass of the specimen, g	Height of the specimen, cm	Length, cm		Number, pcs.		PSP*
			лист	leaflet	shoots	inflorescences	
Novosibirsk Region							
Toguchinsky district, vicinity Semenovka village (1), foot of the hillside, meadow herb-grass-grass steppe	197.2±29.9	76.7±3.1	3.0±0.2	1.8±0.03	69.8±4.7	949.0±81.9	73205.9
Same place, Semenovka (2), south-eastern slope of the hill, feather-grass steppe, after a fire	143.5±18.7	55.8±2.4	2.8±0.1	1.7±0.1	36.4±3.5	108.3±9.1	10238.7
Republic of Khakassia							
Shirinsky district, vicinity of Maly Spirin village, Karysh river valley, fallow	12.3±1.7	42.8±4.0	2.8±0.3	1.2±0.1	12.9±2.5	85.7±14.8	5517.4
Republic of Altai							
Ulagan district, Meny tract., 1419 m a.s.l., meadow steppe, AP stage II **	42.7± 6.9	58.6±3.5	4.5±0.4	1.5±0.1	19.4±2.8	59.8±11.5	8478.4
Ongudai district, vicinity of Karakol village (1), 907 m, steppe meadow, stage II-III of PD	1.7±0.3	20.8±1.6	1.3±0.1	0.9±0.1	3.6±0.6	7.8±1.3	182.4
Vicinity of Karakol village (2), 911 m, meadow steppe, stage III-IV of PD	1.25±0.2	11.1±0.9	1.3±0.1	1.0±0.1	3.8±0.4	5.1±0.7	132.0
Ust-Kansky District, vicinity of Kyrlyk village, 1095 m, meadow steppe, stage III-IV of PD	2.0±0.4	11.3±1.0	1.5±0.06	0.8±0.04	6.0±0.9	8.3±1.7	489.1

Note. PSP* – potential seed production; PD** – pasture degradation.

Эти ценопопуляции – нормальные, полночленные (нет субсенильных растений: у стержнекорневой жизненной формы они не выделяются, так как репродуктивная функция в этом случае, как считает Н.М. Григорьева [4], сохраняется вплоть до глубокого разрушения каудекса). В двух других местообитаниях в окрестностях с. Семёновка (в ЦП 3 – после пожара, ЦП 4 – с выпасом крупного рогатого скота) отмечены особи вегетативного происхождения (корневищно-стержнекорневой жизненной формы). Онтогенетический спектр в ЦП 3 после пожара имеет два максимума – на молодых и старых генеративных особях (по 27,5%). На пастбищах максимум принадлежит старым генеративным особям (ЦП 4-55,6%; ЦП 5-44,0%). В Чулымском районе в окрестностях с. Зырянка, несмотря на выпас, особей семенного происхождения значительно больше, чем вегетативного, в онтогенетической структуре ЦП 6 отмечено 13,33% ювенильных и иматурных особей, на деградированном лугу ЦП 7-1,92% иматурных особей. В этих ЦП в результате антропогенной нагрузки накапливается 40-60% старых растений, основной максимум принадлежит старым генеративным (табл. 3).

**Онтогенетическая структура ценопопуляций *Medicago falcata* L.
в различных условиях произрастания**

№ ЦП, местообитание, стадия ПД ¹	Онтогенетическое состояние особей, %							
	j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃	ss	s
Республика Хакасия								
Ширинский район ЦП 1. Окр. с. Малый Спирин, 485 м, долина р. Карыш, залежь	1,0	3,1	9,2	15,4	20,1	45,1	-	6,0
Новосибирская область								
Тогучинский район ЦП 2. Окр. с. Семёновка (1), подножие сопки Лысая, 291 м, луговая степь	8,7	4,4	8,7	19,6	30,4	23,9	-	4,4
ЦП 3. Окр. с. Семёновка (2), юго-восточный склон, 381 м, ковыльная степь, после пожара	-	-	7,5	27,5	17,5	27,5	17,5	2,5
ЦП 4. Окр. с. Семёновка (3), подножье склона, 280 м, ковыльная степь, пастбище	-	-	7,4	14,8	18,5	55,6	-	3,7
Краснозерский район ЦП 5. Окр. с. Мохнатый Лог, 149 м, злаково-ковыльная степь, пастбище	-	-	8,0	20,0	24,0	44,0	-	4,0
Чулымский район ЦП 6. Окр. с. Зырянка-Базовое, 171 м, луговая степь, выпас	3,3	10,0	14,4	16,7	12,2	31,1	8,9	3,3
ЦП 7. Окр. с. Зырянка, 167 м, лесной деградированный луг, пастбище	-	1,9	7,7	15,4	13,5	40,4	15,4	5,8
Республика Алтай								
Онгудайский район ЦП 8. Окр. с. Нефтебаза, настоящая степь, 901 м, II стадия ПД	3,9	5,1	5,1	5,1	10,3	38,5	-	32,1
ЦП 9. Окр. с. Каракол (1), 907 м, остепненный луг, II стадия ПД	6,3	12,5	32,8	4,7	7,8	7,8	-	28,1
ЦП 10. Каракол (2), 911 м, луговая степь, III-IV стадии ПД	-	2,7	8,1	-	8,1	56,8*	21,6*	2,7
Улаганский район ЦП 11. Урочище Пазырык, АП ² № 5, окр. с. Балыктуюль, 1486 м, настоящая степь, III стадия ПД	-	-	1,5	4,5	7,5	40,3*	29,9*	16,4
ЦП 12. Урочище Мёны, луговая степь, 1419 м, моря, II стадия ПД	-	-	0,0	61,5	23,1	15,4	-	-
Усть-Канский район ЦП 13. Окр. с. Кырлык, луговая степь, III-IV стадии ПД	-	-	0,0	13,7	11,8	15,7*	39,2*	2,0

Примечание. ПД¹ – пастбищная дигрессия; АП² – археологический памятник (курган); *«отпад» по Н.М. Григорьевой [5].

Table 3

Ontogenetic structure of *Medicago falcata* L. cenopopulations under different growing conditions

No. of CP, habitat, stage of PD ¹	Ontogenetic state of individuals, %							
	j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃	ss	s
Republic of Khakassia								
Shirinsky district CP 1. Vicinity of Maly Spirin village, 485 m, Karysh river valley, fallow	1.0	3.1	9.2	15.4	20.1	45.1	-	6.0
Novosibirsk Region								
Toguchinsky district CP 2. Vicinity of Semyonovka village (1), foot of Lysaya hill, 291 m, meadow steppe	8.7	4.4	8.7	19.6	30.4	23.9	-	4.4
CP 3. Vicinity of Semyonovka village (2), south-eastern slope, 381 m, feather-grass steppe, after a fire	-	-	7.5	27.5	17.5	27.5	17.5	2.5
CP 4. Vicinity of Semyonovka village (3), foot of slope, 280 m, feather-grass steppe, pasture	-	-	7.4	14.8	18.5	55.6	-	3.7
Krasnozersky district CP 5. Vicinity of Mokhnaty village Log, 149 m, cereals-grass steppe, pasture	-	-	8.0	20.0	24.0	44.0	-	4.0
Chulymsky district CP 6. Vicinity of Zyryanka-Bazovoye village, 171 m, meadow steppe, grazing	3.3	10.0	14.4	16.7	12.2	31.1	8.9	3.3
CP 7. Vicinity of Zyryanka village, 167 m, forest degraded meadow, pasture	-	1.9	7.7	15.4	13.5	40.4	15.4	5.8
Republic of Altai								
Onguday region CP 8. Vicinity of Neftebaza village, true steppe, 901 m, stage II of PD	3.9	5.1	5.1	5.1	10.3	38.5	-	32.1
CP 9. Vicinity of Karakol village (1), 907 m, steppe meadow, stage II of PD	6.3	12.5	32.8	4.7	7.8	7.8	-	28.1
CP 10. Karakol (2), 911 m, meadow steppe, III-IV stage of PD	-	2.7	8.1	-	8.1	56.8*	21.6*	2.7
Ulagan district CP 11. Pazyryk tract, AS ² No. 5, Vicinity of Balyktuyul village, 1486 m, true steppe, stage III of PD	-	-	1.5	4.5	7.5	40.3*	29.9*	16.4
CP 12. Meny tract, meadow steppe, 1419 m, seas, stage II of PD	-	-	0.0	61.5	23.1	15.4	-	-
Ust-Kansky District CP 13. Vicinity of Kyrlyk village, meadow steppe, stage III-IV of PD	-	-	0.0	13.7	11.8	15.7*	39.2*	2.0

Note. PD¹ – pasture degradation; AS² – archaeological site (hill mound); **“fall off” according to N.M. Grigorieva [5].

В Республике Алтай на степных пастбищах среднегорий наблюдаются интенсивный выпас сельскохозяйственных животных и широкое проявление признаков пастбищной дигрессии, со II и вплоть до IV стадий, по шкале, предложенной А.А. Горшковой [22] и Э.А. Ершовой [23] для степных сообществ Сибири. В луговой степи на сенокосном участке при II стадии пастбищной дигрессии корневищно-стержнекорневые особи *M. falcata* имеют высоту растения до 58,6 см (табл. 2) и накапливают надземную биомассу до 42,7 г. В этом сообществе (ЦП 12) обнаружены только генеративные растения (табл. 3) с большим

количеством генеративных парциальных образований и отсутствием семенного размножения по причине скашивания растений во время цветения.

Более интенсивному выпасу подвержены сообщества настоящих степей, часто находящиеся на III и IV стадиях пастбищной дигрессии. На таких пастбищах показатели *M. falcata* приближаются к минимальным: масса надземной части составляет 2,0-1,25 г, высота (длина) распланных побегов – 20,8-11,1 см. Ввиду постоянного стравливания и разбивания каудекса копытами животных растения находятся в угнетенном состоянии и быстро стареют, поэтому в онтогенетической структуре ЦП чаще всего преобладают старые генеративные и постгенеративные особи. Такая картина характерна для всех ценопопуляций *M. falcata* степных сообществ Горного Алтая, подверженных пастбищной нагрузке. Так, при II стадии пастбищной дигрессии в онтогенетической структуре, где особи *M. falcata* имеют стержнекорневую жизненную форму, в ЦП 8 старых – 70,5%, а в ЦП 9-35,9%.

Основной максимум в ЦП 8 принадлежит старым генеративным особям, а в ЦП 9 их два: виргинильные (32,8%); сенильные (28,1%). При участии вегетативного размножения онтогенетическая структура ЦП *M. falcata* на пастбище с III-IV стадиями пастбищной дигрессии (ЦП 10) становится неполночленной (нет j, g₁), правосторонней, с преобладанием старых генеративных растений (56,8%*) и большим количеством субсенильных (21,6%*), похожих на «отпад», описанный Н.М. Григорьевой [5] в антропогенных фитоценозах (табл. 3). Это мелкие распланные особи со слабо развитой придаточной корневой системой. В ЦП 11 старые особи составляют 86,6%, из которых 40,3%* – старые генеративные, 29,9%* – субсенильные, а в ЦП 13 их 56,9%*.

Как считает Н.М. Григорьева [5], «...фитоценотическая роль этой группы особей состоит в том, что они некоторое время удерживают занятую видом территорию и создают органическое вещество. Это состояние – не обязательный этап в индивидуальном развитии растений. Группа объединяет неперспективные или малоперспективные особи. Положение группы двойственное: с одной стороны, создается большая вероятность выпадения их из травостоя, с другой – не исключена возможность образования вторично-стержневых корней и закрепления их в ценозе».

По нашим наблюдениям, при уменьшении пастбищной нагрузки или хотя бы при временном ее прекращении особи успешно отрастают и успевают дать семенное или вегетативное потомство. Следовательно, ценопопуляции *M. falcata* в Горном Алтае выдерживают значительную пастбищную нагрузку и даже на III-IV стадиях пастбищной дигрессии могут частично восстанавливаться после прекращения выпаса и имеют довольно высокую плотность (от 10,7 до 51 особей на 1 м²).

Таким образом, изучение *M. falcata* в условиях естественного произрастания и при различной антропогенной нагрузке в Новосибирской области, Горном Алтае и Хакасии позволило выяснить уровень питательности ценного кормового растения, морфометрические параметры и онтогенетическую структуру его ценопопуляций как в ненарушенных местообитаниях, так и при полном сбое после выпаса, восстанавливающихся после пожара и на залежах. Это дало возможность выявить приспособительные возможности вида и охарактеризовать стратегию ценопопуляций *M. falcata* в разных условиях обитания. При нарастании антропогенных воздействий в онтогенетической структуре ценопопуляций *M. falcata* накапливаются особи с пониженным уровнем жизненности («отпад») и внутривоупуляционная регуляция осуществляется за счет снижения потребления ресурсов среды (уменьшения биомассы, числа побегов, семенной продуктивности и других показателей).

Выводы

1. Исследование кормовой ценности *M. falcata* в широких эколого-географических пределах показало, что содержание протеина отличается по регионам: в Хакасии – 17,03-29,53%; в Горном Алтае – до 15,9%; в Новосибирской области – до 14,33%. В 1 кг сена из люцерны содержится от 0,43 до 0,67 корм. ед., а переваримого протеина на 1 корм. ед. приходится в Новосибирской области – до 97 г, в Горном Алтае – до 95,4 г.

2. Люцерна серповидная существует в двух жизненных формах: стержнекорневой и корневищно-стержнекорневой. Большой жизненный цикл *M. falcata* в разных ботанико-географических зонах может протекать в различных вариантах. В ненарушенных фитоценозах мы встречали в основном стержнекорневые особи, а в фитоценозах, подверженных выпасу, сенокосению и восстанавливающихся после пожара, появлялись корневищно-стержнекорневые особи.

3. Антропогенные факторы влияют не только на жизненную форму, но и на численность, биомассу, характер семенного возобновления и онтогенетическую структуру ценопопуляций. При усилении интенсивности воздействия отмечается сокращение плотности особей на 1 м², уменьшение урожайности и биомассы, а также падение интенсивности семенного возобновления. При этом онтогенетическая структура ЦП *M. falcata* изменяется в сторону старения.

4. Основными приспособительными чертами *M. falcata* являются изменчивость жизненной формы и динамичность онтогенетической структуры ценопопуляций. При нарастании антропогенных воздействий внутривоупуляционная регуляция осуществляется за счет снижения потребления ресурсов

среды (уменьшения биомассы, числа побегов, семенной продуктивности и других показателей). При этом в онтогенетической структуре ценопопуляций *M. falcata* накапливаются особи с пониженным уровнем жизнеспособности («отпад»), которые при снижении пастбищной нагрузки успешно отрастают и успевают дать семенное или вегетативное потомство.

5. Комплексное изучение ценопопуляций *M. falcata* в широком диапазоне эколого-географических условий способствует пониманию процессов, происходящих при антропогенном воздействии, и показывает достаточную их устойчивость и способность к самовосстановлению после прекращения воздействия.

Список источников

1. Романенко Г.А., Тютюнников А.И., Гончаров П.Л. Кормовые растения России. – М.: ЦИНАО, 1999. – 370 с.
2. Флора Сибири. – Новосибирск: Наука, 1994. – Т. 9. – 280 с.
3. Культиасов И.М., Григорьева Н.М. Род Люцерна – *Medicago* L. // Биологическая флора Московской области. – М.: Изд-во Московского университета, 1978. – Вып. 4. – С. 96-112.
4. Григорьева Н.М. Люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.) // Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. – Ч. 2. – М., 1983. – С. 55-61.
5. Атласова Л.Г. Азотфиксация, фотосинтез и продуктивность люцерны в условиях долины средней Лены // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2. – С. 77-80. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38195353>.
6. Будкевич Т.А., Заболотный А.И., Пикун П.Т., Пикун М.Ф., Коротков М.М. Эколого-физиологическая характеристика некоторых перспективных для введения в культуру корневищных морфотипов дикорастущих бобовых растений // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. – Минск: Право и экономика, 2011. – С. 356-372. – URL: <https://elpub.vir.nw.ru/jour/article/view/41/39>.
7. Сыева С.Я., Карнаухова Н.А., Зверева Г.К., Храмова Е.П., Бугаева М.В., Ледяева Н.В., Сальникова Е.А., Басаргина О.М. Сравнительная оценка состояния бобового компонента на природных и сеяных кормовых угодьях Республики Алтай // Инновации и продовольственная безопасность. – 2021. – № 2 (32). – С. 46-59. doi: 10.31677/2072-6724-2021-32-2-46-59.
8. Пленник Р.Я. Стратегии биоморфологической микроэволюции полиморфного вида *Medicago falcata* L. в Сибири / Отв. ред. Коропачинский И.Ю.; Рос. акад. наук. Сиб. отд. – ние. Центр. сиб. бот. сад. – Новосибирск: Наука, 2002. – 93 с.
9. Осипова В.В., Лазарев Н.Н. Продуктивность люцерны серповидной и люцерны изменчивой в условиях Якутии // Известия ТСХА. – 2010. – Вып. 1 – С. 50-57. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_13085961_47921731.pdf.
10. Будкевич Т.А., Анисова М.А., Таршиш Л.Г., Аleshchenkova З.М., Федоренчик А.А., Хрипач В.А., Завадская М.А., Коротков М.М. Физиолого-биохимические аспекты репродукции дикорастущего длиннокорневищного морфотипа *Medicago falcata* L. в культуре // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб.: ВИР. – 2015. – Т. 176. – Вып. 3. – С. 299-324 doi:10.30901/2227-8834-2015-3-299-324.

References

1. Romanenko G.A., Tyutyunnikov A.I., Goncharov P.L. Fodder plants in Russia. M.: TsINAO, 1999: 370. (In Rus.)
2. Flora of Siberia. V.9. Novosibirsk: Nauka, 1994: 280. (In Rus.)
3. Kul'tiasov I.M., Grigor'eva N.M. Genus Lucerne – *Medicago* L. Ed.4. Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1978: 96-112. (In Rus.)
4. Grigor'eva N.M. Yellow alfalfa (*Medicago falcata* L.). Diagnozy i klyuchi vozrastnykh sostoyaniy lugovykh rasteniy. Ch. 2. Moscow, 1983: 55-61. (In Rus.)
5. Atlasova L.G. Nitrogen fixation, photosynthesis and alfalfa productivity under Middle Lena valley conditions. Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; 2: 77-80. (In Rus.)
6. Budkevich T.A., Zabolotny A.I., Pikun P.T., Pikun M.F., Korotkov M.M. Ecological and physiological characteristics of some promising rootstock morphotypes of wild leguminous plants for cultivation. Botanika (issledovaniya): Sbornik nauchnykh trudov. Minsk: Pravo i ekonomika. 2011: 356-372. (In Rus.)
7. Syeva S.Ya., Karnaukhova N.A., Zvereva G.K., Khranova E.P., Bugaeva M.V., Ledyeva N.V., Sal'nikova E.A., Basargina O.M. Comparative assessment of legume component on natural and grassland in the Altai Republic. Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopastnost'. 2021; 2 (32): 46-59. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-32-2-46-59 (In Rus.)
8. Plennik R.Ya. Strategies of biomorphological microevolution of the polymorphic species *Medicago falcata* L. in Siberia. Novosibirsk: Nauka, 2002: 94. (In Rus.)
9. Osipova V.V., Lazarev N.N. Productivity of alfalfa crescent and alfalfa variegated under Yakutian conditions. Izvestiya TSKhA. 2010; 1: 50-57. (In Rus.)
10. Budkevich T.A., Anisova M.A., Tarshis L.G., Aleshchenkova Z.M., Fedorenchik A.A., Khripach V.A., Zavadskaya M.A., Korotkov M.M. Physiological and biochemical aspects of reproduction of the wild long-rooted morphotype *Medicago falcata* L. in culture. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. SPb.: VIR. 2015; 176: 3: 299-324. DOI:10.30901/2227-8834-2015-3-299-324 (In Rus.)

11. *Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С., Фатыхов И.Ш.* Длительность использования семенных травостоев многолетних бобовых трав // Известия ТСХА. – 2021. – № 4. – С. 51-62. doi: 10.26897/0021-342X-2021-4-51-62.
12. *Жукова Л.А.* Поливариантность онтогенеза луговых растений // Жизненные формы в экологии и систематике растений. – М., 1986 – С. 104-112.
13. *Рыбашлыкова Л.П.* Влияние заповедности и выпаса на структуру ценопопуляций в сообществе *Festuca valesiaca* Gaudin // Известия ТСХА. – 2022. – № 1. – С. 52-60. doi:10.26897/0021-342X-2022-1-52-60.
14. *Работнов Т.А.* Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. – Вып. 1. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 465-483.
15. *Уранов А.А.* Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7-34.
16. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). – М.: Наука, 1976. – 215 с.
17. Ценопопуляции растений: Очерки популяционной биологии. – М.: Наука, 1988. – 184 с.
18. *Снаговская М.С.* Сравнительная характеристика популяций *Medicago falcata* L. в разных экологических условиях // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. – 1966. – С. 51-59.
19. *Вайнагий И.В.* О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826-831.
20. *Разумов В.А.* Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. – М.: Наука, 1987. – 326 с.
21. Корма Сибири – состав и питательность: Методические рекомендации / ВАСХНИЛ, Сибирское отделение; СибНИПТИЖ. – Новосибирск, 1988. – 680 с.
22. *Горшкова А.А.* Основные черты пастбищной дигрессии в степных сообществах Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. – № 4. – С. 51-54.
23. *Ершова Э.А.* Антропогенная динамика растительности юга Средней Сибири: Препринт. – Новосибирск, 1995. – 53 с.
24. *Мамаев С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). – М.: Наука, 1973. – 284 с.
25. Полезные растения Западного участка зоны БАМ / Соболевская К.А., Гонтарь Э.М., Горохова Г.И. и др. – Новосибирск: Наука, 1985. – 230 с.
26. *Пленник Р.Я., Полидоров Ю.Н., Дьяконова А.А., Савоськин И.П.* Продуктивность и кормовая ценность люцерны серповидной – *Medicago falcata* в связи с местообитаниями // Ритмы развития и продуктивность полезных растений сибирской флоры. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 56-66.
27. *Корниевская Т.В., Силантьева М.М.* Использование бобовых для экологической рекультивации степных деградированных пастбищ Кулунды // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4 (52). – С. 33-40. Do i:10.18286/1816-4501-2020-4-33-40.
28. *Кашин В.К.* Содержание микроэлементов в люцерне в Западном Забайкалье // Агрехимия. – 2018. – № 8. – С. 46-51. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_35443956_98438241.pdf.
11. *Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S., Fatykhov I.Sh.* Duration of use of seed herbaceous perennial legume grasses. Izvestiya TSKhA. 2021; 4: 51-62. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-4-51-62 (In Rus.)
12. *Zhukova L.A.* Multivariate ontogenesis of meadow plants. Zhiznennye formy v ekologii i sistematike rasteniy. Moscow, 1986: 104-112. (In Rus.)
13. *Rybashlykova L.P.* Effect of conservation and grazing on the structure of price populations in the *Festuca valesiaca* Gaudin community. Izvestiya TSKhA. 2022; 1: 52-60. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-1-52-60 (In Rus.)
14. *Rabotnov T.A.* Issues in studying population composition for phytocenological purposes. Problemy botaniki. M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1950; 1: 465-483. (In Rus.)
15. *Uranov A.A.* Age spectrum of a phytocenopopulation as a function of time and energy wave processes. Biol. nauki. 1975; 2: 7-34. (In Rus.)
16. Plant cenopopulations (basic concepts and structure). M.: Nauka, 1976: 215. (In Rus.)
17. Plant cenopopulations: Essays on population biology. M.: Nauka, 1988: 184. (In Rus.)
18. *Snagovskaya M.S.* Comparative characterisation of *Medicago falcata* L. populations in different ecological conditions. Byulleten' MOIP. Otdel biologicheskiiy. 1966: 51-59. (In Rus.)
19. *Vaynagiy I.V.* On the methodology for studying the seed productivity of plants. Botanicheskiy zhurnal. 1974; 59; 6: 826-831. (In Rus.)
20. *Razumov V.A.* Handbook for chemical laboratory technicians on feed analysis. M.: Nauka, 1987: 326. (In Rus.)
21. Forage in Siberia – Composition and Nutrition: Guidelines. VASKhNIL, Sibirskoe otdelenie, SibNIP-TIZh. Novosibirsk, 1988: 680. (In Rus.)
22. *Gorshkova A.A.* Main features of pasture digestion in Siberian steppe communities. Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 1983; 4: 51-54. (In Rus.)
23. *Ershova E.A.* Anthropogenic vegetation dynamics in southern Central Siberia: Preprint. Novosibirsk, 1995: 53. (In Rus.)
24. *Mamaev S.A.* Forms of intraspecific variation in woody plants (examples from the *Pinaceae* family in the Urals). M.: Nauka, 1973: 284. (In Rus.)
25. *Sobolevskaya K.A., Gontar' E.M., Gorokhova G.I. et al.* Useful plants of the Western section of the BAM zone. Novosibirsk: Nauka, 1985: 230. (In Rus.)
26. *Plennik R.Ya., Polidorov Yu.N., D'yakonova A.A., Savos'kin I.P.* Productivity and fodder value of *Medicago falcata* in relation to habitats. Ritmy razvitiya i produktivnost' poleznykh rasteniy sibirskoy flory. Novosibirsk: Nauka, 1975: 56-66. (In Rus.)
27. *Kornievskaya T.V., Silant'eva M.M.* Use of legumes for ecological reclamation of degraded steppe pastures in Kulunda. Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2020; 4 (52): 33-40. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-33-40 (In Rus.)
28. *Kashin V.K.* Micronutrient content of alfalfa in western Transbaikalia. Agrokhimiya. 2018; 8: 46-51. (In Rus.)

Информация об авторах

Нина Андреевна Карнаухова, канд. биол. наук, доцент, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук»; 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101; e-mail: karnaukhova-nina@rambler.ru; orcid: 0000-0001-8769-3142.

Серафима Яковлевна Сыева, канд. биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий» (ФГБНУ ФАНЦА), руководитель Горно-Алтайского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦА; 656910, Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, Научный городок, 35; адрес подразделения: 649100, Республика Алтай, с. Майма, ул. Катунская, 2; e-mail: serafima-altai@mail.ru; orcid: 0000-0001-5723-536X.

Статья поступила в редакцию 24.03.2023
Одобрена после рецензирования 28.05.2023
Принята к публикации 28.08.2023

About authors

Nina A. Karnaukhova, CSc (Bio), Associate Professor, Senior Research Associate, Central Siberian Botanical Garden SB RAS; 10, Zolotodolinskaya Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation; E-mail: karnaukhova-nina@rambler.ru, orcid: 0000-0001-8769-3142.

Serafima Ya. Syeva, CSc (Bio), Associate Professor, Leading Research Associate, Federal Altai Scientific Centre for Agrobiotechnology, Head of the Gorno-Altai Research Institute of Farming – Branch of Federal Altai Scientific Centre for Agrobiotechnology; 35, Nauchniy gorodok, Barnaul, the Altai Territory, 656910, Russian Federation; 2, Katunskaya Str., village settlement Mayma, the Republic of Altai, 649100, Russian Federation; E-mail: serafima-altai@mail.ru, orcid: 0000-0001-5723-536X.

The article was submitted to the editorial office 24 Mar 2023
Approved after reviewing 28 May 2023
Accepted for publication 28 Aug 2023