

## СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ

УДК 581.52:582.736/739

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРАТЕГИЯ *MEDICAGO FALCATA* (FABACEAE) В ЮЖНОЙ СИБИРИ

© 2024 г. Н. А. Карнаухова<sup>1,\*</sup>, О. В. Дорогина<sup>1,\*\*</sup>

<sup>1</sup>Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

\*e-mail: karnaukhova-nina@rambler.ru

\*\*e-mail: olga-dorogina@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.01.2024 г.

После доработки 27.02.2024 г.

Принята к публикации 22.03.2024 г.

Дана оценка состояния 12 ценопопуляций ценного кормового и лекарственного растения *Medicago falcata* L. в различных местообитаниях Новосибирской области, Республики Алтай и Хакасии по комплексу организменных и популяционных признаков. В луговых местообитаниях отмечены высокие суммы баллов организменных и популяционных показателей. Пессимальное состояние, характеризующееся минимальными значениями большинства параметров вида, установлено в антропогенных местообитаниях, где вид может длительно существовать на территории за счет снижения жизненности особей и толерантной стратегии.

**Ключевые слова:** *Medicago falcata*, ценопопуляция, популяционные параметры, организменные параметры, толерантная стратегия, Южная Сибирь

DOI: 10.31857/S0033994624030063, EDN: PTUCQS

Люцерна серповидная, л. желтая (*Medicago falcata* L.) — многолетнее поликарпическое растение из семейства Бобовые (Fabaceae) с безрозеточными моноциклическими вегетативными и генеративными побегами и развитой корневой системой. Встречаются стержнекорневые, корневищные и корнеотпрысковые формы в зависимости от условий обитания вида [1]. Этот евразийский вид растет на самых разнообразных лугах, в луговых степях, на полянах, опушках, придорожных полосах. Широко распространен во многих регионах мира с различными климатическими и почвенными условиями и повсеместно известен как долголетний, устойчивый к болезням и вредителям зимостойкий, холодоустойчивый, устойчивый к затоплению и вытаптыванию скотом вид [2]. Выживанию люцерны на участках с различными почвенно-грунтовыми условиями способствует сильно развитая корневая система с общей глубиной проникновения корней около 5 м. Люцерна способна фиксировать азот в почве, так как на ее корнях формируется до 8.76 млн шт./га клубеньков с азотфиксирующими микроорганизмами, которые

за два года накапливают до 800 кг азота на 1 га [3]. Люцерна заметно улучшает структуру и плодородие почвы и является ценным предшественником многих культур. Она используется для залужения лугов и пастбищ, склоновых земель, подверженных водной и ветровой эрозии.

Люцерна — хорошее кормовое растение, часто встречается на пастбищах, характеризуется богатым биохимическим составом и хорошо поедается домашними животными [4], антропогенная нагрузка ведет к увеличению доли угнетенных особей в ценопопуляциях [5]. Кроме того, это хороший медонос и лекарственное растение [6]. Люцерна перспективна как лекарственное растительное сырьё, имеющее антиоксидантную активность [7]. Прием препарата ингибитора трипсина, полученного из люцерны, используется в комплексной терапии ряда заболеваний [8]. Поэтому разработка методов получения линий люцерны с высокой активностью ингибиторов (в частности, ингибитора трипсина), антиоксидантной активностью и другими полезными свойствами, является актуальной [9].

*M. falcata* вовлекается в селекционный процесс как многолетний объект (на одном месте произрастает более 10 лет) с различными способами возобновления, наличием корневых отпрысков, высокой облиственности, мягкостебельности, белковости и высокой экологической пластичности [10]. Для расширения зоны возделывания люцерны требуется выявление и сбор образцов на северной границе ареала в европейской части и на восточной границе ареала в Сибири, где условия обитания являются экстремальными и виды адаптированы к суровым условиям существования [11].

Характеристики жизненных форм (стержнекорневой и корневищно-стержнекорневой) и онтогенетических состояний *M. falcata* приведены в работах М. С. Снаговской [12] и Н. М. Григорьевой [13]. В основу характеристик онтогенетических состояний, помимо других морфологических признаков, положено состояние каудекса. На каудексе развиваются придаточные корни разной мощности. Они, а также придаточные корни у почек в основании развивающегося побега *M. falcata* способствуют тому, что базальная часть молодого побега приобретает плагиотропный характер, полегает или углубляется в почву [14, 15]. В естественных условиях при ежегодном вегетативном возобновлении у вида может возникать несколько парциальных кустов, связанных друг с другом гипогенными корневищами. Особи, возникшие вегетативным путем, продолжают развиваться, стареть и в процессе развития последовательно проходят с определенного момента все те этапы онтогенеза, которые характерны для семенных особей [13].

Чтобы оценить состояние популяций и динамику развития особей *M. falcata*, необходимо дать характеристику основных популяционных единиц у растений и провести их анализ [16]. Поскольку максимальные оценки для организма и популяции часто не совпадают, а иногда находятся в обратной зависимости, по мнению ряда исследователей, следует различать понятия индивидуального и популяционного оптимума [17]. На сегодняшний день различные методики позволяют выявить оптимальное, критическое и пессимальное состояние ценопопуляций растений, как в естественных, так и в культурных популяциях. Мы использовали метод Л. Б. Заугольновой [18], основанный на балловой оценке организменных и популяционных параметров *M. falcata*.

Цель работы — комплексная оценка *M. falcata* по организменным и популяционным показателям и выявление особенностей адаптации сибирских природных экотипов этого вида к различным природно-климатическим факторам и к антропогенной нагрузке.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучение *M. falcata* проводили с 1983 по 2022 год в различных условиях произрастания в Новосибирской области, Республиках Алтай и Хакасия (табл. 1). В Горном Алтае исследовались сообщества естественных пастбищ среднегорий с различной стадией дигрессии в интервале высот от 900 до 2500 м над уровнем моря. В Новосибирской области и Республике Хакасия исследования проводили в местообитаниях *M. falcata*, расположенных на равнинных степных участках или склонах небольших сопков, на лугах и залежах.

Для оценки адаптивных свойств *M. falcata* и определения реального оптимума организма и популяций вида мы использовали метод Л. Б. Заугольновой [18], основанный на определении 5 популяционных и 5 организменных параметров в ценопопуляциях вида в широком диапазоне условий, охватывающем экологическую амплитуду вида. Организменные характеристики включают оценку роста растений, для которой использовались следующие показатели: длина листа, число побегов в кусте, их высота и фитомасса. Для оценки репродуктивной функции выбрана потенциальная семенная продуктивность (ПСП), учитывающая число генеративных побегов на особь, число соцветий, число цветков в соцветии и число семязачатков. Размерную поливариантность *M. falcata* в различных условиях произрастания изучали по средним показателям особей средневозрастного генеративного состояния, которое продолжается у этого вида примерно с 5 до 9 лет [19]. Среди популяционных параметров оценивались доли прегенеративных и генеративных растений (% от общего состава), экологическую плотность и индекс восстановления. Экологическую плотность (экз./м<sup>2</sup>) рассчитывали, исходя из численности особей на единицу обитаемого пространства [20]. Индекс восстановления вида, отражает интенсивность самоподдержания популяций и рассчитывается по формуле:

$$I_g = (M_j + M_{im} + M_v) / (M_g),$$

где  $M$  — численность каждой онтогенетической группы [21].

**Таблица 1.** Краткая характеристика местообитаний *Medicago falcata*  
**Table 1.** Brief characteristics of the studied *Medicago falcata* habitats

| №<br>ЦП<br>СР<br>No | Местонахождение,<br>сообщество / Habitat,<br>community                                                                                                                                                                                                                                                            | Почва, высота (Н) над уровнем<br>моря, стадия ПД <sup>1</sup> .<br>Soil, altitude (H), stage of pasture<br>degradation (PD <sup>1</sup> ).                     | ОПП <sup>2</sup><br>ТРС <sup>2</sup> , % | ППЛ <sup>3</sup><br>РСА <sup>2</sup> , % |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1                   | НСО <sup>4</sup> , Чулымский р-н. Окрестности д. Зырянка, злаково-разнотравный луг. Люцерна в микропонижениях. NR <sup>4</sup> , Chulymsky district. Neighborhood of Zyryanka village, cereal and forb meadow. Alfalfa in microdepressions.                                                                       | Лугово-черноземная типичная среднесуглинистая. Н = 175 м. II стадия ПД. Typical meadow-chnozem, medium-thick, medium-loamy. Н = 175 m. Stage II of PD.         | 90                                       | 3–5                                      |
| 2                   | НСО, Чулымский р-н., д. Базовое-Зырянка, вострещово-лабазниковая луговая степь. Пастбище. NR, Chulymsky district. Neighborhood of Bazovoe-Zyryanka village, meadow steppe. Pasture.                                                                                                                               | Лугово-черноземная типичная среднесуглинистая. Н = 175 м. II-III стадия ПД. Typical meadow-chnozem, medium-thick, medium-loamy. Н = 175 m. Stage II-III of PD. | 70                                       | 3–5                                      |
| 3                   | НСО, Тогучинский р-н. Окрестности п. Семеновский. Сопка Лысая. Юго-восточный склон. Остепненный разнотравно-злаковый луг. NR, Toguchinsky district. Neighborhood of Semenovskiy village. Lysaya Hill. South-eastern slope. Steppe forb-grass meadow.                                                              | Выходы щебнистых пород. Н = 352 м. Около проселочной дороги. Outcrops of rubble. Н = 352 m. Near a country road.                                               | 60–80                                    | 3–25                                     |
| 4                   | НСО, Тогучинский р-н. Окрестности п. Семеновский. Ковыльная степь с люцерной. NR, Toguchinsky district. Neighborhood of Semenovskiy village. Feather grass steppe with alfalfa.                                                                                                                                   | Лугово-черноземная среднесуглинистая. Н = 350 м. После пожара. Typical meadow-chnozem, medium-thick, medium-loamy. Н = 350 m. Steppe after the fire.           | 70                                       | 6–15                                     |
| 5                   | НСО, Тогучинский р-н. Окрестности п. Семеновский. Подножие склона. Луговая разнотравно-злаковая степь с доминированием люцерны в микропонижениях. NR, Toguchinsky district. Neighborhood of Semenovskiy village At the foot of the slope. Meadow forb-grass steppe with dominance of alfalfa in microdepressions. | Лугово-черноземная среднесуглинистая. Н = 350 м. Typical meadow-chnozem, medium-thick, medium-loamy. Н = 350 m.                                                | 70                                       | 15–25                                    |
| 6                   | НСО, Краснозерский р-н. Окрестности д. Мохнаты Лог (долина р. Карасук). Дерновинно-злаковая степь. NR, Krasnozersky district. Neighborhood of Mokhnaty Log village (valley of the Karasuk river). Turf-grass steppe.                                                                                              | Чернозем обыкновенный солонцеватый с хлоридно-сульфатным засолением. Н = 148 м. Ordinary solonchetic chernozem (chloride-sulfate salinity). Н = 148 m.         | 70–85                                    | 5–25                                     |

Таблица 1. Окончание

| №<br>ЦП<br>СР<br>No | Местонахождение,<br>сообщество / Habitat,<br>community                                                                                                                                                                                 | Почва, высота (Н) над уровнем<br>моря, стадия ПД <sup>1</sup> .<br>Soil, altitude (H), stage of pasture<br>degradation (PD <sup>1</sup> ).                                             | ОПП <sup>2</sup><br>TPC <sup>2</sup> , % | ППЛ <sup>3</sup><br>PCA <sup>2</sup> , % |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 7                   | РА <sup>5</sup> . Улаганский р-н. Урочище Мёны.<br>Гетеропаптусово-ковыльно-бобовая<br>луговая степь.<br>AR <sup>5</sup> . Ulagansky district. Myona tract.<br>Altai astra-feather-grass-legumes<br>meadow steppe.                     | Горная лугово-степная<br>черноземовидная.<br>Н = 2200 м. II стадия ПД.<br>Mountain chernozem-like<br>meadow-steppe. H = 2200 m.<br>Stage II of PD.                                     | 40–85                                    | 3–7                                      |
| 8                   | РА. Усть-Канский район. Окрестности<br>с. Кырлык. Осоково-злаково-термо-<br>писовое сообщество настоящей степи.<br>AR. Ust-Kansky district. Surroundings<br>of Kyrlyk village. Sedge-cereals-thermopsis<br>real steppe.                | Горная сухостепная каштановидная.<br>Н = 1095 м. III–IV стадия ПД.<br>Mountain dry chestnut steppe.<br>H = 1095 m. Stage III– IV of PD.                                                | 30–60                                    | 0.1–3                                    |
| 9                   | РА. Онгудайский р-н. Окрестности<br>нефтебазы. Тысячелистниково-<br>люцерново-злаковое сообщество<br>настоящей степи.<br>AR. Ongudai district. The vicinity of the<br>oil depot. Yarrow-alfalfa-grass community<br>of the real steppe. | Горно-лесная черноземовидная<br>выщелоченная, карбонатная.<br>Н = 901 м. III стадия ПД.<br>Mountain-forest chernozem-like<br>leached, carbonate. H = 901 m.<br>Stage III of PD.        | 75                                       | 15–20                                    |
| 10                  | РА. Онгудайский р-н. Окрестности<br>с. Каракол-1. Копеечниково-лапча-<br>тково-ковыльное сообщество.<br>AR. Ongudai district. Surroundings<br>of Karakol-1 village. Tick trefoil-<br>quincefoil-feather-grass of the real steppe.      | Горно-лесная черноземовидная<br>выщелоченная, карбонатная.<br>Н = 911 м. III–IV стадия ПД.<br>Mountain-forest chernozem-like<br>leached, carbonate. H = 911 m.<br>Stage III– IV of PD. | 40–50                                    | 0.1–3                                    |
| 11                  | РА. Онгудайский р-н. Каракол-2.<br>Копеечниково-ковыльное сообщество<br>настоящей степи.<br>AR. Ongudai district. Karakol-2.<br>Tick trefoil-feather grass community<br>of the real steppe.                                            | Горно-лесная черноземовидная<br>выщелоченная, карбонатная.<br>Н = 907 м. III стадия ПД.<br>Mountain-forest chernozem-like<br>leached, carbonate. H = 907 m.<br>Stage III of PD.        | 40–70                                    | 5–8                                      |
| 12                  | Республика Хакасия. Ширинский р-н.<br>Окрестности д. Малый Спирин.<br>Долина р. Карыш. Залежь.<br>Republic of Khakassia. Shirinsky district.<br>The outskirts of Maly Spirin village.<br>River valley Karysh. Abandoned field.         | Дерново-подзолистая. Н = 1200 м.<br>II–III стадия ПД.<br>Soddy-podzolic. H = 1200 m.<br>Stage II–III of PD.                                                                            | 90                                       | 3                                        |

Примечание: <sup>1</sup> ПД – пастбищная дигрессия; <sup>2</sup> ОПП – общее проективное покрытие; <sup>3</sup> ППЛ – проективное покрытие люцерны; <sup>4</sup> НСО – Новосибирская область; <sup>5</sup> РА – Республика Алтай.

Note: <sup>1</sup> PD – Pasture degradation; <sup>2</sup> TPC – total projective cover; <sup>3</sup> PCA – projective cover of alfalfa; <sup>4</sup> NR – Novosibirsk Region, <sup>5</sup> RA – Republic of Altai.

В дальнейшем каждый признак оценивали с помощью балловой шкалы. Для оценки состояния диапазон каждого признака разбивался на 5 классов с одинаковым объемом по равномерной шкале; затем каждому классу присваивали балл: минимальный балл соответствовал минимальным показателям. Положение каждой исследованной ЦП оценивали в баллах соответственно величине каждого признака.

Онтогенез и онтогенетическую структуру ЦП изучали с применением принятых в популяционной биологии растений методов и подходов, разработанных Т. А. Работновым [22], А. А. Урановым [23] и его учениками [24, 25] с учетом описания жизненных форм люцерны М. С. Снаговской [12] и Н. М. Григорьевой [19]. За счетную единицу в течение онтогенеза у стержнекорневых растений *M. falcata* принималась особь, у длиннокорневищно-стержнекорневых — парциальное образование или первичный куст. Определение онтогенетической структуры и плотности ценопопуляций проводили на 10–25 площадках размером 1.0 м<sup>2</sup>, на трансектах, заложенных регулярным способом в пределах одного участка ассоциации.

Изучение морфологических особенностей *M. falcata* проводили в каждой ценопопуляции на 15–25 генеративных побегах средневозрастных особей. Показатели семенной продуктивности определены по методике И. В. Вайнагий [26, 27].

Количественные данные обработаны статистическими методами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ненарушенных местообитаниях на территории Сибири *Medicago falcata* во взрослом состоянии формирует стержнекорневую жизненную форму. Во время выпаса скота и при регулярном сенокосении наблюдается и вегетативное размножение люцерны. В антропогенных фитоценозах Республики Алтай при высокой пастбищной нагрузке повсеместно встречались выделенные Н. М. Григорьевой [19] угнетенные, своеобразные особи со слабо развитой системой придаточных корней, расположенной параллельно поверхности почвы, образование которых связано, в основном, с механическими повреждениями. Указанный автор отмечает, что антропогенные факторы также влияют на численность, фитомассу, характер семенного возобновления и возрастную структуру ЦП *M. falcata*. В различных природно-климатических условиях эти изменения могут различаться (табл. 2).

Первый показатель — фитомасса особи, характеризует средний вес надземной части средневозрастных генеративных особей или парциальных образований в каждой изученной ЦП (табл. 2). Самые высокие значения этого показателя зафиксированы в луговых и лугово-степных местообитаниях Тогучинского р-на Новосибирской обл.: в ЦП 5 (197.2 г/5 баллов) и в ЦП 3 (143.5 г/4 балла). Более низкая фитомасса особей отмечена в степной ЦП 6 с хлоридно-сульфатным засолением, после пожара (ЦП 4) и в ЦП 12 (залежь). При выпасе показатели надземной массы осо-

**Таблица 2.** Оценка величины организменных признаков *Medicago falcata* (показатель/балл)  
**Table 2.** Assessment of the organismal trait values of *Medicago falcata* (indicator/score)

| № ЦП<br>CP<br>No | Фитомасса особи, г<br>Phytomass, g | Высота побега, см<br>Shoot height, cm | Длина листа, см<br>Leaf length, cm | Число побегов<br>Number of shoots | <sup>1</sup> ПСП<br>PSP | Сумма<br>баллов<br>Score |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1                | 33.5 ± 6/1                         | 45 ± 3/3                              | 2.7 ± 0.2/3                        | 15 ± 2/1                          | 133 ± 12/1              | 9                        |
| 2                | 3.2 ± 0.3/1                        | 30 ± 9/2                              | 2.2 ± 0.3/2                        | 7 ± 1/1                           | 0.6 ± 0.1/1             | 7                        |
| 3                | 143 ± 21/4                         | 56 ± 2/4                              | 2.1 ± 0.1/3                        | 36 ± 2/3                          | 193 ± 17/1              | 15                       |
| 4                | 14.5 ± 2/1                         | 39 ± 2/3                              | 2.7 ± 0.1/3                        | 28 ± 2/2                          | 75 ± 3/1                | 10                       |
| 5                | 197 ± 30/5                         | 77 ± 3/5                              | 3.0 ± 0.2/3                        | 70 ± 5/5                          | 3360 ± 114/5            | 23                       |
| 6                | 17 ± 1/1                           | 47 ± 3/3                              | 1.9 ± 0.2/2                        | 11 ± 1/1                          | 49 ± 1/1                | 8                        |
| 7                | 43 ± 7/2                           | 59 ± 3/4                              | 4.5 ± 0.4/5                        | 19 ± 3/2                          | 37 ± 11/1               | 14                       |
| 8                | 2.0 ± 0.4/1                        | 11 ± 1/1                              | 1.5 ± 0.1/1                        | 6 ± 1/1                           | 0.3 ± 0.1/1             | 5                        |
| 9                | 7 ± 1/1                            | 36 ± 4/2                              | 1.6 ± 0.1/1                        | 11 ± 1/1                          | 5.8 ± 0.7/1             | 6                        |
| 10               | 1.2 ± 0.2/1                        | 11.1 ± 0.9/1                          | 1.3 ± 0.1/1                        | 3.8 ± 0.4/1                       | 0.12 ± 0.02/1           | 5                        |
| 11               | 1.7 ± 0.3/1                        | 21 ± 2/1                              | 1.3 ± 0.1/1                        | 3.6 ± 0.6/1                       | 0.4 ± 0.1/1             | 5                        |
| 12               | 12 ± 2/1                           | 42.8 ± 4/3                            | 2.8 ± 0.3/3                        | 12.9 ± 2.5/1                      | 89.8 ± 17.8/1           | 9                        |

Примечание: <sup>1</sup>ПСП — потенциальная семенная продуктивность (тыс. шт. на особь).  
Note: <sup>1</sup>PSP — potential seed production (thousand seeds per individual).

бей значительно уменьшаются: при II-ой стадии пастбищной дигрессии они еще довольно высокие — в лугово-степной ЦП 7 в урочище Мёны Республики Алтай — 42.7 г и в луговой ЦП 1 в Чулымском районе Новосибирской области — 33.5 г. Но на фоне усиления пастбищной нагрузки (III-я стадия пастбищной дигрессии) в ЦП 2 это уже 3.2 г на особь; минимальные показатели отмечены в алтайских степных ЦП 10, 11, 8 с III–IV-ой стадиями пастбищной дигрессии (от 1.2 до 2.0 г).

По высоте растений самые высокие показатели выявлены в ЦП 5, затем по убыванию — в ЦП 3, 7, 1, 12, 6. Таким образом, как и в случае с фитомассой, самые высокие показатели наблюдаются в ненарушенных местообитаниях. С увеличением антропогенного воздействия на растения высота растений уменьшалась. Минимальные показатели по высоте растений отмечались в ценопопуляциях с III–IV-ой стадией пастбищной дигрессии.

Самый большой размер листа у люцерны отмечен в наименее нарушенной алтайской ЦП 7, но в остальных местообитаниях с более сильной пастбищной нагрузкой, длина листа минимальная. Число побегов в целом больше у этого вида в Новосибирской области, особенно в ЦП 5.

Потенциальная семенная продуктивность характеризует генеративную сферу особей и зависит от числа генеративных побегов, соцветий, цветков, семязачатков. Максимум по этому показателю отмечен в ЦП 5, он на порядок отличается от высоких показателей в ЦП 3 и 1. Это связано с тем, что в микропонижениях в луговой степи произрастают самые мощные особи с огромным числом соцветий ( $949 \pm 130$ ) на каждом из генеративных побегов, число которых составляло  $46 \pm 4$ . Из-за выпаса (II стадия пастбищной дигрессии) в похожем местообитании с микропонижениями в ЦП 1 все показатели ПСП у люцерны значительно ниже, а минимальные величины наблюдаются при высокой пастбищной нагрузке в алтайских ЦП. Эта тенденция сохраняется в целом по всем организменным показателям.

Таким образом, самые высокие показатели (23 балла) по исследованным организменным признакам выявлены у *M. falcata* в ненарушенной ЦП 5, значительно более низкие — в местообитаниях с антропогенным влиянием — в ЦП 3 около дороги (15 баллов), в алтайской ЦП 7 с небольшой пастбищной нагрузкой (14 баллов), в ЦП 4 после пожара (11 баллов). Еще ниже они в сообще-

ствах, подвергающихся выпасу — ЦП 1 и ЦП 2 (9 и 7 баллов, соответственно). Высокая пастбищная нагрузка (III–IV-ая стадии ПД) в горных степях Республики Алтай приводит к резкому снижению всех организменных показателей вплоть до минимальных: 5 баллов в ЦП 8, 10, 11; 6 баллов в ЦП 9. В Новосибирской области в засолённой степи в ЦП 6 общая оценка составляет 8 баллов, в хакасской ЦП 12 на залежи — 9 баллов.

Популяционные показатели *M. falcata* в изученных местообитаниях представлены в таблице 3.

Общее проективное покрытие *M. falcata* имеет самые большие значения в Новосибирской области в ЦП 1, 3, 5 и в хакасской ЦП 12. В условиях пастбищной дигрессии в степях горного Алтая этот показатель заметно ниже и колеблется от 75 до 45%. Чего нельзя сказать о втором показателе — физической плотности: его максимальные величины отмечены в алтайских ЦП 8–11 (от 14.8 до 53.6 особей на 1 м<sup>2</sup>). В таких местообитаниях во время выпаса скота при вегетативном размножении люцерны появляется много ослабленных особей, которые имеют корневища, надземные вегетативные или генеративные побеги со слабо развитой системой придаточных корней, расположенных параллельно поверхности почвы. По мнению Н. М. Григорьевой [19], фитоценотическая роль этой группы особей состоит в том, что они некоторое время удерживают занятую видом территорию. При увеличении пастбищной нагрузки возникает большая вероятность выпадения таких особей из травостоя, при уменьшении — не исключена возможность образования вторично-стержневых корней и закрепления их в ценозе. В ненарушенных местообитаниях особи в основном стержнекорневые, но при периодическом сенокосении (ЦП 5, ЦП 7), после пожара (ЦП 4) и при небольшом выпасе (ЦП 2) отмечено появление корневищ. Участие подростa в составе ЦП при этом может быть достаточно высоким — 28% (5 баллов) в ЦП 2, но он может отсутствовать при регулярном отчуждении генеративной сферы при сенокосении и небольшом выпасе, как в ЦП 7. Вегетативное размножение при нестабильной диссеминации помогает *M. falcata* удерживаться в фитоценозе и иметь по организменным показателям, в частности, в ЦП 7, неплохие результаты, несмотря на минимальные популяционные показатели. Минимальная общая

**Таблица 3.** Величины популяционных показателей и индекса восстановления *Medicago falcata* (показатель/балл)  
**Table 3.** Population indicators and recovery index of *Medicago falcata* (indicator/score)

| № ЦП<br>No. CP | <sup>1</sup> ОПП, %<br><sup>1</sup> TPC, % | Экологическая<br>плотность, экз./м <sup>2</sup><br>Ecological density,<br>ind./m <sup>2</sup> | Доля $j-v$<br>особей, %<br>Fraction of $j-v$<br>individuals, % | Доля $g_1-g_3$<br>особей, %<br>Fraction of $g_1-g_3$<br>individuals, % | $^2I_g$ | Сумма<br>баллов<br>Score | Всего<br>баллов<br>Total score |
|----------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|--------------------------------|
| 1              | 90/5                                       | 1.1 ± 0.2/1                                                                                   | 14.3/2                                                         | 66.7/3                                                                 | 0.21/1  | 12                       | 21                             |
| 2              | 70/3                                       | 6 ± 1/1                                                                                       | 27.8/5                                                         | 60.0/3                                                                 | 0.46/3  | 15                       | 22                             |
| 3              | 95/5                                       | 6 ± 1/1                                                                                       | 7.5/1                                                          | 72.5/4                                                                 | 0.10/1  | 12                       | 27                             |
| 4              | 70/3                                       | 8 ± 1/1                                                                                       | 9.5/1                                                          | 71.4/4                                                                 | 0.13/1  | 10                       | 20                             |
| 5              | 99/5                                       | 8 ± 2/1                                                                                       | 21.7/4                                                         | 73.9/4                                                                 | 0.29/2  | 16                       | 39                             |
| 6              | 73/3                                       | 2.8 ± 0.6/1                                                                                   | 8.0/1                                                          | 88.0/5                                                                 | 0.90/5  | 15                       | 23                             |
| 7              | 63/2                                       | 1.3 ± 0.2/1                                                                                   | 0.0/0                                                          | 100.0/5                                                                | 0.00/0  | 8                        | 22                             |
| 8              | 45/1                                       | 51 ± 7/5                                                                                      | 17.6/3                                                         | 41.2/2                                                                 | 0.43/3  | 14                       | 19                             |
| 9              | 75/3                                       | 19.5 ± 3/2                                                                                    | 14.1/2                                                         | 53.8/3                                                                 | 0.26/2  | 12                       | 18                             |
| 10             | 45/1                                       | 15 ± 1.5/2                                                                                    | 10.8/1                                                         | 64.9/3                                                                 | 0.17/1  | 8                        | 13                             |
| 11             | 55/1                                       | 54 ± 6/5                                                                                      | 12.7/2                                                         | 20.6/1                                                                 | 0.62/4  | 13                       | 18                             |
| 12             | 90/5                                       | 1.6 ± 0.3/1                                                                                   | 13.3/2                                                         | 80.7/4                                                                 | 0.17/1  | 13                       | 22                             |

Примечание. <sup>1</sup>ОПП – общее проективное покрытие;  $^2I_g$  – отношение числа особей прегенеративных онтогенетических состояний ( $j-v$ ) к числу особей генеративных онтогенетических состояний ( $g_1-g_3$ ) [29].

Note. <sup>1</sup>TPC – total projective cover;  $^2I_g$  – the ratio of the number of individuals of pregenerative ( $j-v$ ) to generative ( $g_1-g_3$ ) ontogenetic states [29].

сумма баллов характерна также для ЦП 10 (8 баллов) в условиях высокой пастбищной нагрузки. Максимальную оценку популяционных показателей *M. falcata* получила в ЦП 5 (16 баллов), на 1 балл меньше – в ЦП 2 и ЦП 6.

Общая сумма баллов по всем параметрам достигла максимума (39 баллов) в ЦП 5, расположенной в луговой разнотравно-злаковой степи с доминированием люцерны в микропонижениях в Тогучинском р-не Новосибирской обл. (рис. 1 а). Там же, на выходах щебня в ЦП 3 общая сумма баллов составила 27 (рис. 1 б), а в ЦП 4 (после пожара) лишь 20 баллов (рис. 1 с), в остальных местообитаниях Новосибирской обл. она больше на 1–3 балла. Такая же сумма баллов (22 балла) в алтайской ЦП 7 и в хакасской ЦП 12 (рис. 1 d, e). Оценку менее 20 баллов получили ЦП 8–11 на алтайских горно-степных пастбищах, минимальная величина наблюдается при сбое в Онгудайском районе в окрестностях села Каракол-1 (ЦП 10) – 13 баллов (рис. 1 f).

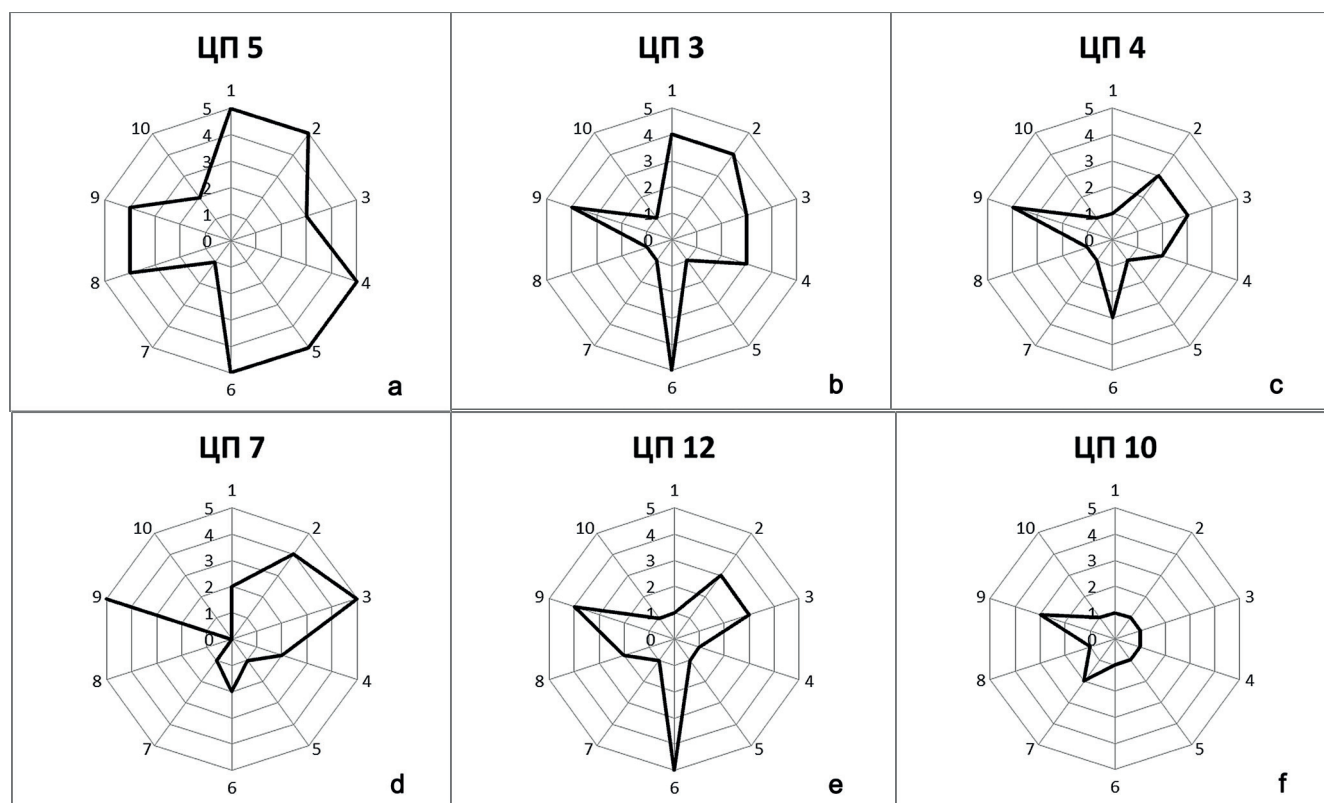
Таким образом, наиболее благоприятными условиями произрастания для *M. falcata* в Южной Сибири можно считать луговые, лугово-степные местообитания с выраженным гумусовым горизонтом. Оптимум достигается в ненарушенных местообитаниях и заметно снижается при антропогенном воздействии. Значительно ниже все организменные и популяционные показатели у

особей на каменистом субстрате в горных степях, особенно при усилении пастбищной нагрузки. Пессимальное состояние в ЦП *M. falcata*, вплоть до критического, может возникать при постоянном выпасе скота, приводящем к пастбищной дигрессии III–IV-ой стадии, сбою.

Из вышесказанного следует, что внутривидовая регуляция *M. falcata* в неблагоприятных условиях произрастания и при антропогенной нагрузке осуществляется за счет снижения потребления ресурсов среды (уменьшения фитомассы и размерных показателей особей) и поддержания большего уровня численности за счет ослабленных особей вегетативного происхождения. Таким образом, для изученного вида характерна способность длительно существовать на территории за счет изменения жизненной формы на вегетативно-подвижную и максимального снижения энергии жизнедеятельности, т. е. стратегия толерантности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучено 12 ценопопуляций *Medicago falcata* L. (Fabaceae) в различных местообитаниях Новосибирской области, Республики Алтай и Хакасии и дана их оценка по комплексу организменных и популяционных показателей. Максимальная сумма баллов по 10 показателям характеризует наиболее благоприятные условия обитания для этого вида в лугово-степных местообитаниях.



**Рис. 1.** Диаграммы комплексной балловой оценки ценопопуляций *Medicago falcata* № 3–12:

а – максимум (39 баллов) в лугово-степной ЦП 5; б – второе место (27 баллов) в ЦП 3 на щебнистом грунте около проселочной дороги, с – после пожара в ЦП 4 (20 баллов), д – сенокос, II стадия ПД в ЦП 7 (22 балла), е – залежь (22 балла) в ЦП 12, ф – минимум 13 баллов в ЦП 10 при III–IV стадиях ПД (сбой). Обозначения от 1 до 10 – № показателя по таблицам 2 и 3; от 0 до 5 – количество баллов по каждому показателю.

**Fig. 1.** Diagrams of the complex score assessment of the cenopopulations of *Medicago falcata* (ЦП) No 3–12: а – maximum (39 points) in meadow-steppe CP 5; б – second place (27 points) in CP 3 on gravelly soil near a country road, с – after a fire in CP 4 (20 points), д – haymaking, Stage II PD in CPU 7 (22 points), е – deposit (22 points) in CPU 12, ф – minimum 13 points in CP 10 at stage III–IV of PD (failure). Notation from 1 to 10 – indicator number according to Tables 2 and 3; from 0 to 5 – the number of points for each indicator.

Минимальные значения большинства параметров вида, отражающие его пессимальное состояние, характерны для степных местообитаний, подверженных выпасу. По важнейшим показателям организменного и популяционного уровня выявлены адаптационные особенности вида, определено оптимальное и пессимальное состояние его цено-

популяций в различных условиях произрастания. Стратегия вида определена как толерантная.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту AAAA-A21-121011290025-2.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Культиасов И. М., Григорьева Н. М.* 1978. Род Люцерна – *Medicago* L. В кн.: Биологическая флора Московской области. М. Вып. 4. С. 96–112.
2. *Люцерна серповидная.* [https://meadow\\_herbaceous\\_plants.academic.ru/166/люцерна\\_серповидная\\_%28medicago\\_falcata\\_L.%29](https://meadow_herbaceous_plants.academic.ru/166/люцерна_серповидная_%28medicago_falcata_L.%29) (дата обращения 24.01.2023)
3. *Атласова Л. Г.* 2011. Состояние ценопопуляций *Medicago falcata* L. в условиях Центральной Якутии. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 13, 1(4): 770–772.
4. *Карнаухова Н. А., Сыева С. Я.* 2023. Кормовая характеристика и состояние ценопопуляций *Medicago falcata* L. в Сибири. Тимирязевский биологический журнал. 2: 6–18. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-2-6-18>

5. Атласова Л. Г. 2018. Жизненность и изменчивость морфологических признаков люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.) и люцерны изменчивой (*Medicago* × *varia* L.) в условиях долины Средней Лены. — Вестник КрасГАУ. 5: 16–22.
6. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. 1987. Семейства Hydrangeaceae–Haloragaceae. Л. 326 с.
7. Швеиц Н. Н., Сухомлинов Ю. А., Бубенчиков Р. А. 2023. Изучение антиоксидантной активности травы люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.). — Человек и его здоровье. 26(2): 86–92.  
<https://doi.org/10.21626/vestnik/2023-2/11>. EDN: ZIZCIE.
8. Редькин П. П. 2005. Получение ингибитора трипсина из люцерны и его влияние на физиологические функции организма собак: Автореф. дис. ... кандидата биол. наук. Курск. 18 с.
9. Amaresh Chandra, Krishna Chandra Pandey. 2011. Assessment of genetic variation in lucerne (*Medicago sativa* L.) using protease inhibitor activities and RAPD markers. — J. Environ. Biol. 32(5): 559–565.
10. Абдушаева Я. М. 2022. Эколого-биологическая оценка люцерны серповидной (*Medicago sativa* L.) в естественных сообществах Новгородской области. — АгроЭкоИнженерия. 4(113): 50–57.
11. Малышева Н. Ю., Малышев Л. Л. 2020. Анализ уровня мобилизации комплекса *Medicago falcata* s.l. на территории СССР. — Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 181(3): 17–24.  
<https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-17-24>
12. Снаговская М. С. 1965. Основные черты большого цикла развития и состав популяции желтой люцерны на окских лугах: Автореф. дис. ... кандидата биол. наук. М. 19 с.
13. Григорьева Н. М. 1983. Люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.). — В кн.: Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений. Ч. 2. М. С. 55–61.
14. Жукова Л. А. 1986. Поливариантность онтогенеза луговых растений. — В кн.: Жизненные формы в экологии и систематике растений. М. С. 104–112.
15. Михайловская И. С. 1972. Возрастные анатомо-морфологические изменения подземных органов желтой люцерны (*Medicago falcata* L.). — Бюлл. МОИП. Отд. биол., секц. бот. 77(1): 88–101.
16. Заугольнова Л. Б., Смирнова О. В., Комаров А. С., Ханина Л. Г. 1993. Мониторинг фитопопуляций. — Успехи современной биологии. 113(4): 410–414.
17. Заугольнова Л. Б., Денисова Л. В., Никитина С. В. 1993. Принципы и методы оценки состояния популяций. — Бюлл. МОИП. Отд. биол. 98(5): 100–106.
18. Заугольнова Л. Б. 1994. Структура популяций семенных растений и проблемы их мониторинга: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб. 70 с.
19. Григорьева Н. М. 1975. Возрастная и пространственная структура ценопопуляций желтой люцерны (*Medicago falcata* L.): Автореф. дис. ... кандидата биол. наук. М. 24 с.
20. Одум Ю. 1986. Экология. Т. 2. М. 209 с.
21. Жукова Л. А. 1987. Динамика ценопопуляций луговых растений: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск. 32 с.
22. Работнов Т. А. 1950. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии. — В кн.: Проблемы ботаники. Вып. 1. М.; Л. С. 465–483.
23. Уранов А. А. 1975. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов. — Биологические науки. 2: 7–34.
24. Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура). 1976. М. 217 с.
25. Ценопопуляции растений (Очерки популяционной биологии). 1988. М. 184 с.
26. Вайнагий И. В. 1973. Методика статистической обработки материала по семенной продуктивности на примере *Potentilla aurea* L. — Раст. ресурсы. 9(2): 287–296.
27. Вайнагий И. В. 1974. О методике изучения семенной продуктивности растений. — Бот. журн. 59(6): 826–831.
28. Жукова Л. А. 1995. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола. 224 с.

## Assessment and Population Strategy of *Medicago Falcata* (Fabaceae) in Southern Siberia

© 2024. N. A. Karnaukhova<sup>1, \*</sup>, O. V. Dorogina<sup>1, \*\*</sup>

<sup>1</sup>Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

\*e-mail: karnaukhova-nina@rambler.ru

\*\* e-mail: olga-dorogina@yandex.ru

**Abstract.** In Siberia (Novosibirsk region, Altai Republic and Khakassia), 12 coenopopulations of *Medicago falcata* L. were studied in different growing conditions. The most important indicators operating at the organismal and population levels were studied, adaptation mechanisms were identified and the strategy of the species was determined. A score is given for 5 organismal and 5 population indicators in each habitat. The maximum sum of points in meadow-steppe habitat conditions characterizes the optimal state of the species. The pessimal state is determined by the minimum values of most parameters of the species. It was found in steppe habitats subject to heavy grazing with stages III–IV of pasture digression. It has been established that in anthropogenic habitats *M. falcata* can exist on the territory for a long time due to a decrease in the vitality of individuals and a tolerant strategy.

**Keywords:** fodder and medicinal plants, *Medicago falcata*, cenopopulations, population and organismal parameters, scoring, tolerance strategy, Southern Siberia

### ACKNOWLEDGMENTS

The present study was carried out within the framework of the institutional research project (AAAA-A21-121011290025-2) of the Central Siberian Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

### REFERENCES

1. Kultiasov I. M., Grigorieva N. M. 1978. [Genus *Medicago* L.]. — In: [Biological flora of the Moscow region]. Moscow. 4: 96–112. (In Russian)
2. [https://meadow\\_herbaceous\\_plants.academic.ru/166/люцерна\\_серповидная\\_%28medicago\\_falcata\\_L.%29](https://meadow_herbaceous_plants.academic.ru/166/люцерна_серповидная_%28medicago_falcata_L.%29) (Accessed 24.01.2023)
3. Atlasova L. G. 2011. The state of the cenopopulations of *Medicago falcata* L. in the conditions of Central Yakutia. — News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 13, 1(4): 770–772. (In Russian)
4. Karnaukhova N. A., Syeva S. Ya. 2023. Feed Characteristics and State of *Medicago falcata* L. Cenopopulations in Siberia. — Timiryazev Biological Journal. 2: 6–18. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-2-6-18> (In Russian)
5. Atlasova L. G. 2018. Vitality and variability of morphological parameters of *Medicago falcata* L. and *Medicago × varia* L. under conditions of the Middle Lena River valley. — Bulletin of KSAU. Krasnoyarsk. 5: 16–22. (In Russian)
6. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use. Family Hydrangeaceae–Haloragaceae]. 1987. Leningrad. 326 p. (In Russian)
7. Shvets N. N., Sukhomlinov Yu. A., Bubenchikov R. A. 2023. Study of the antioxidant activity of the herb alfalfa sickle (*Medicago falcata* L.). — Humans and their health. 26(2): 86–92. <https://doi.org/10.21626/vestnik/2023-2/11>. EDN: ZIZCIE. (In Russian)
8. Redkin P. P. 2005. [Obtaining a trypsin inhibitor from alfalfa and its effect on the physiological functions of the dog's body. Abstr. ... Dis. Candidate (Biology) Sci.]. Kursk. 18 p. (In Russian)
9. Amaresh Chandra, Krishna Chandra Pandey. 2011. Assessment of genetic variation in lucerne (*Medicago sativa* L.) using protease inhibitor activities and RAPD markers. — J. Environ. Biol. 32(5): 559–65.
10. Abdushaeva Ya. M. 2022. Ecological and biological assessment of sickle alfalfa (*Medicago falcata* L.) in natural communities of the Novgorod Region. — AgroEkoInzheneriya. 4(113): 50–57. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2022-4113-50-57> (In Russian)
11. Malysheva N. Yu., Malyshev L. L. 2020. An analysis of the *Medicago falcata* s.l. alfalfas collected in the ex-USSR territories for the fullness of their coverage. — Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 181(3): 17–24. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-17-24> (In Russian)
12. Snagovskaya M. S. 1965. [Main features of the large development cycle and population composition of yellow alfalfa in Oka meadows. Abstr. ... Dis. Candidate (Biology) Sci.]. Moscow. 19 p. (In Russian)

13. Grigorieva N. M. 1983. [Sickle alfalfa (*Medicago falcata* L.)]. — In: [Diagnoses and keys of age conditions of meadow plants. Part 2.]. Moscow. P. 55–61. (In Russian)
14. Zhukova L. A. 1986. [Polyvariance of meadow plants ontogenesis]. — In: [Life forms in ecology and systematics of plants]. Moscow. P. 104–112. (In Russian)
15. Mikhajlovskaya I. S. 1972. Ontogenetic anatomo–morphological changes in the underground organs of *Medicago falcata* L. — Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series. 77(1): 88–101. (In Russian)
16. Zaugolnova L. B., Smirnova O. V., Komarov A. S., Khanina L. G. 1993. Monitoring of phytopopulations. — Advances in Current Biology. 113(4): 410–414. (In Russian)
17. Zaugolnova L. B., Denisova L. V., Nikitina S. V. 1993. Principles and methods for assessing the status of populations. — Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series. 98(5): 100–106. (In Russian)
18. Zaugolnova L. B. 1994. [The structure of populations of seed plants and problems of their monitoring: Abstr. ... Dis. Doct. (Biology) Sci.]. St. Petersburg. 70 p. (In Russian)
19. Grigorieva N. M. 1975. [Age and spatial structure of the cenopopulations of yellow alfalfa (*Medicago falcata* L.): Abstr. ... Dis. Doct. (Biology) Sci.]. Moscow. 24 p. (In Russian)
20. Odum Y. 1986. Ecology. Moscow. T. 2. 209 p. (In Russian)
21. Zhukova L. A. 1987. [Dynamics of cenopopulations of meadow plants.: Abstr. ... Dis. Doct. (Biology) Sci.]. Novosibirsk. 32 p. (In Russian)
22. Rabotnov T. A. 1950. [Issues of studying the composition of populations for the purposes of phytocenology]. — In: [Problems of botany: Vol. 1]. Moscow, Leningrad. P. 465–483. (In Russian)
23. Uranov A. A. 1975. Age spectrum of phytocenopopulation as a function of time and energy wave processes. — Biol. Sciences. 2: 7–34. (In Russian)
24. [Cenopopulations of plants (basic concepts and structure)]. 1976. Moscow. 215 p. (In Russian)
25. [Cenopopulations of plants (essays on population biology)]. 1988. Moscow. 184 p. (In Russian)
26. Vainagij I. V. 1973. Methodology for statistical processing of material on seed productivity using the example of *Potentilla aurea* L. — Rastitelnye resursy. 9(2): 287–296. (In Russian)
27. Vainagij I. V. 1974. On the methodology for studying seed productivity of plants. — Botanical Journal. 59(6): 826–831.
28. Zhukova L. A. 1995. [Population life of meadow plants]. Yoshkar-Ola. 224 p. (In Russian)