

УДК 631.416: 631.452

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМОВ  
И ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯ *CAPPARIS SPINOSA* L.****Исагалиев М.Т., Обидов М.В.***Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: murodjon-isa@mail.ru*

В статье проведен анализ ценопопуляции и элементного состава лекарственного растения *Capparis spinosa* L., широко распространенного в светлых сероземах, сформированных на эродированных аллювиально-пролювиальных каменисто-галечниковых породах юга Ферганской долины. По подвижности микроэлементов в светлых сероземах в горизонте 0–10 см содержание Mn высокое, Zn умеренное, а Mo недостаточное. Наблюдается увеличение Mn и Mo книзу по профилю и по генетическим горизонтам почв, наоборот, уменьшение количества Zn и Co. В Арсифских адырах выявлено преобладание в ценопопуляции незрелых растений и определены количественные показатели микроэлементов в вегетативных и генеративных органах *Capparis spinosa* L. Изучение биоморфологических характеристик растений в период вегетации (апрель – октябрь 2019 г.) проводилось в популяции растений на обозначенных 10 ключевых участках. Согласно анализу ценопопуляции *Capparis spinosa* L., средние растения стадии травы (p) составляли 6,0, ювенильные (j) 5,0, имматурные (im) 10,8, виргинил (v) 5,5, генеративные (g) 3,5 и старческие (s) 2,3. Элементный анализ почвы и растений выполнен нейтронно-активационным методом. Образцы облучали потоком нейтронов  $5 \cdot 10^{13}$  нейтрон/см<sup>2</sup> с в ядерном реакторе, количество химических элементов определяли в соответствии с их периодом полураспада.

**Ключевые слова:** лекарственные растения, *Capparis spinosa* L., светлый серозем, микроэлемент, ценопопуляционный анализ, биогеохимия

**BIOGEOCHEMICAL FEATURES OF LIGHT SIEROZEMS  
AND CENOPOPULATION *CAPPARIS SPINOSA* L.****Isagaliev M.T., Obidov M.V.***Fergana State University, Fergana, e-mail: murodjon-isa@mail.ru*

The article provides an analysis of the cenopopulation and element composition of the medicinal *Capparis spinosa* L., which is widespread in light sierozems formed on eroded alluvial-proluvial stone-gravel rocks in the south of the Fergana Valley. According to the mobility of micronutrients in the 0-10 cm layer of calcisols, Mn is high, Zn is moderate, and Mo is insufficient. Mn and Mo were observed to increase towards the lower genetic layer and conversely to decrease in the amount of Zn and Co. In the Arsif hills, the predominance of immature plants in the cenopopulation was detected and quantitative indicators of micronutrients in the vegetative and generative organs of *Capparis spinosa* L. were determined. The study of bio-morphological characteristics of the plant during the growing season (April-October 2019 y.) was carried out in the plant population in the designated 10 observation-experimental sites. According to the cenopopulation analysis of *Capparis spinosa* L., the average grass (p) stage plants were 6.0, juvenile (j) 5.0, immature (im) 10.8, virginil (v) 5.5, generative (g) 3.5 and senile (s) 2.3. Elemental analysis of soil and plant was performed by the neutron-activation method. The samples were irradiated with  $5 \cdot 10^{13}$  neutrons/cm<sup>2</sup>sec neutron flux in a nuclear reactor, and the number of chemical elements was determined in accordance with their half-lives.

**Keywords:** medicinal plants, *Capparis spinosa* L., light sierozem, microelement, cenopopulation analysis, biogeochemistry

Одним из наиболее актуальных вопросов сегодняшнего дня является разработка технологии окультуривания и выращивания естественной флоры и видов лекарственных растений, относящихся к зарубежной флоре, целенаправленные исследования для получения экологически чистой продукции, внедренные в медицинскую практику. Представителем естественных видов лекарственных растений является растение каперсы колючие (*Capparis spinosa* L.). В научных источниках и зарубежных публикациях по происхождению *Capparis spinosa* L., его распространению на земном шаре, по ботанико-генетическим, лечебным свойствам, содержанию макро- и микроэлементов в них, агротехнике выращивания и возделывания, технологии производства

продуктов питания и данных об экономической рентабельности предостаточно освещены [1–4].

Многочисленные научные исследования были проведены по биоэкологическим и лечебным свойствам *Capparis spinosa* L., также химическому составу элементов плодов, технологиям выращивания, ботаническим свойствам, освоению пустынных территорий, применению в биологической регенерации, воспроизводству, развитию биотехнологий [5, 6].

Свойства и характеристики почв Ферганской долины, где эти растительные ареалы широко распространены, изучались многими исследователями [7–9], но их биогеохимия в системе почва – лекарственные растения изучена недостаточно.

Ценопопуляционный анализ распространения вида каперсы колючие на адырах южной Ферганы, биогеохимических свойств растений и почв, то есть элементного состава почв и органов растений, а также определение запасов сырья проводились недостаточно. Кроме того, научные исследования не проводились в достаточной степени в изучении биоморфологических особенностей *Capparis spinosa* и ареалов распространения в светлых сероземах юга Ферганы, определения элементного состава вегетативных, генеративных органов и оценка естественного восстановления на основе ценопопуляционного анализа.

Растущий спрос на натуральные и экологически чистые продукты из *Capparis spinosa* L., глобальное увеличение его использования в пищевой промышленности, современной медицине, увеличение количества натуральных продуктов, изготовленных из него в фармацевтической и косметической промышленности, в свою очередь, усиливают давление на природные ресурсы этого вида. Это поставит под угрозу природные запасы *Capparis spinosa* L. в будущем. Таким образом, исследования по изучению растения *Capparis spinosa* L. показывают необходимость сосредоточить внимание на его окультуривании и интенсивном выращивании, анализ ценопопуляции и оценки имеющихся естественных природных ресурсов.

#### Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются целинные светлые сероземы, образовавшиеся на эродированных слабоскелетных пролювиальных горных породах юга Ферганы и широко распространенное растение *Capparis spinosa* L.

Биоморфологические характеристики растения в онтогенезе изучали методами ценопопуляционного анализа [10]. Были использованы методы исследования сезонного развития растения, то есть образования травы в течение вегетационного периода, формирования настоящих листьев, роста веточек и стеблей, бутонизации, начало и конец цветения, образования и созревания плодов, конец вегетации [11]. Изучение продолжительности периода цветения проводилось на ключевых участках в выделенных 10 наблюдательных популяциях растений.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Изучение онтогенетических и фенологических свойств растений – один из наиболее удобных и эффективных методов определения изменений разных фаз наблюдаемых

видов растений, их устойчивости к условиям среды, продуктивности, а также ритма жизненных процессов.

С 2017 г. ведутся научно-исследовательские работы на адырах южной Ферганы (Арсиф, Саткак, Чимган, Алтыарик). Эти адыры расположены на высоте 500–750 м над уровнем моря. Эти участки слабо и средне загипсованные, скелетные, с многолетними осадками в пределах 180–200 мм. Светлые сероземы имеют очень низкий или низкий уровень гумуса и питательных веществ. Степень покрытия естественной растительностью составляет 40–60% в зависимости от экспозиции склона. Основная группа этих растений – эфемеры и эфемероиды. *Capparis spinosa* L. – это семейство *Capparaceae* (*Capparidaceae*) растений двух родов, включающее 40 родов и 850 видов. Большинство растений, относящихся к семейству *Capparidaceae*, являются дикими видами, которые в основном распространены в засушливых регионах тропических и субтропических регионов [6, 12, 13].

Естественное распространение *Capparis spinosa* L. в Узбекистане зависит от различных почвенно-климатических и других условий. В частности, его можно найти на каменистых холмах, иногда в полях, на обочинах дорог, вдоль канав, на адырах, вокруг железных дорог, на сухих берегах каналов, у старых стен.

В ходе наших исследований было установлено, что этот вид проник в зону пустынь и полупустынь, в предгорья и нижние горные районы, иногда вплоть до средней зоны гор. Изучение биологических и экологических свойств любого растения требует, прежде всего, изучения его состояния в естественных условиях. Естественная адаптация *Capparis spinosa* L. к почвенной и воздушной засухе позволяет ему расти в засушливых районах с дефицитом воды и в почвах с высокой концентрацией водорастворимых солей.

Длина стебля растений, распространенных на исследуемых территориях, в зависимости от условий выращивания достигает 70–170 см. Внутренняя часть недавно сформировавшихся молодых стеблей покрыта тонкими короткими волосками, но они опадают по мере роста ветки в течение вегетационного периода. Цвет стебля зеленый, на нижней стороне листового пучка видны скрученные колючки. Количество боковых ветвей в зависимости от стадии развития 2–6, длина 10–15 см. Диаметр стержня 7–12 мм. Листья на стебле растения различаются по форме, ширине и длине. Обычно форма листа круглая, перевернуто-яйцевидная или эллиптическая, длиной 3–6 см,

зеленая, безволосая или с нижней стороны – редкие рассеянные волоски, расположенные последовательно на основном стебле и боковых ветвях посредством короткой полосы листа.

Цветки одиночные, слегка зигоморфные, размером 5–8 см, душистые, расположены в пазухах одного листа, лепестков 4, изогнутые, яйцевидные, зеленые, снаружи покрыты небольшими короткими волосками. Лепестков 4, но 2 до половины белые или светло-розовые, много отцовской пыльцы, разной длины, опыленные, коричневые (цветки после опыления становятся красными). Цветки 4–6 см длиной. Цветет в апреле-мае в зависимости от количества осадков в районе исследования. Плод – многосемянная ягода. Цвет зеленый, с длинными белыми полосами. Форма перевернуто-яйцевидная, продолговатая, ореховая или круглая, многосемянная, удлинённая. Снаружи гладкий, внутри темно-красный. Плод по внешнему виду напоминает арбуз. Когда плод спел, кожура плода выворачивается наружу и открывается. Плоды 3–5 см в длину и 1,3–2,7 см в ширину [7].

Сегодня регулярное добавление в рацион человека *Capparis spinosa* L. помогает облегчить ревматические боли. В настоящее время все части растения используются в современной и народной медицине при лечении метеоризма, зоба, стоматологии (заболевания десен и зубов), сердечно-сосудистых заболеваний, а также гипертонии, кожного зуда, желтухи, невродов, бруцеллеза [1].

Учитывая растущий спрос на сырье *Capparis spinosa* L. необходимость глубокого изучения его биогеохимии и агроэкологии была поставлена на повестку дня, учитывая особое внимание, уделяемое его экспортному потенциалу. Важно определить положение *Capparis spinosa* L. в растительном покрове, статус, онтогенез и жизнеспособность популяций, которые определяют его естественное восстановление и, таким образом, его текущие и будущие запасы сырья. Предварительные результаты анализа

ценопопуляции *Capparis spinosa* L. на 10 наблюдательных ключевых участках (каждый по 100 м<sup>2</sup>) на адырах Арсиф, Саткак, Чимион, Алтыарик были следующими (табл. 1): трава (р) растений в среднем составила 6,0, растений принадлежность к ювенильному (j) состоянию 5,0, относящихся к незрелой имматур (im) стадии 10,8 растений, принадлежащих к состоянию виргинила (v) 5,5 растений, принадлежащих к генеративному (g) периоду 3,5 растения, период типичные для сенильной (s) стадии были 2,3 растения.

В относительно теплом климате рост этих травянистых растений происходит в начале апреля. Наблюдения на наших экспериментальных полях показали, что травы *Capparis spinosa* L. прорастают в конце апреля – начале мая. У злаков семена имеют 2 листа, высотой 2–3 см, корни длиной 12–14 см, разветвленные в 2 рядов. Было замечено, что 80–85% трав переходят в ювенильную стадию в конце мая – начале июня.

В ювенильном режиме семена продолжают расти в листьях манлы. Растения, относящиеся к этой группе имеют высоту 5–7 см, образуют 3–4 листа, первые настоящие листья мельче. Позже было замечено, что каждый лист на подбородке вырастает длиннее предыдущего. Главный корень достигает 20–22 см и разветвляется в 2–3 порядке. Особенность этого этапа объясняется усыханием листьев семенной паллы.

Растения имматурной стадии наблюдаются в середине июня, их высота 15–20 см, главный корень 45–50 см, разветвленный на 2–3 (4) порядка. Было замечено, что 60–70% растений, относящихся к незрелой стадии, переходят в стадию виргинила в конце июня – начале июля, а 10–15% переходят в стадию виргинила в начале мая после периода зимнего покоя. Продолжительность неполновозрелой фазы от 20–25 дней до 10 месяцев.

*Capparis spinosa* L., относящиеся к ювенильной и имматурной стадиям, устойчивы к засухе, но большинство из них погибает из-за раздавливания скотом.

Таблица 1

Ценопопуляция *Capparis spinosa* L.

Элементарные ландшафты	Количество особей, шт. (n = 10)						Сумма
	<i>p</i>	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i>	<i>s</i>	
Арсиф	8	6	13	7	5	2	41
Саткак	6	7	12	5	4	1	35
Чимион	4	2	8	6	3	3	26
Алтыарик	6	5	10	4	2	3	30
Среднее	6,0	5,0	10,8	5,5	3,5	2,3	33,0

Таблица 2

Количество микроэлементов в светлых сероземах юга Ферганы (n = 7)

Номер раз.	Глубина, см	Микроэлементы (мкг/г)							
		Валовые				Подвижные			
		Mn	Zn	Co	Mo	Mn	Zn	Co	Mo
1/OM	0–10	370	55,8	4,71	0,10	125,3	1,35	1,10	0,04
	10–30	430	37,1	7,35	1,60	133,7	1,27	1,08	0,22
	30–56	520	59,8	7,45	0,55	178,2	1,49	0,77	0,33
	56–120	420	61,1	8,58	1,10	139,4	0,98	0,65	0,35

Растения виргинильной стадии наблюдаются в конце июня – начале июля, длина их главного стебля достигает 40–80 см, а ветвится до 2 порядков. Корень достигает 90–110 см и разветвляется в 3–4 порядка. На этой стадии характерно образование шипов на стеблях и утолщение главного корня (диаметр 4–5 мм). Продолжительность состояния виргинила во многом зависит от факторов внешней среды. Было замечено, что 15–20% растений виргинила вступают в полный период генерации в первый год, а остальные – во второй год.

Вегетация растений средневозрастной генеративной стадии на холмах Арсиф продолжалась с апреля по декабрь. Длина главного генеративного стебля 70–170 см, ветвистая на 2–3 ряда, листья 4x3 см. В одном кусте формируется в среднем 9–14 генеративных стеблей. Рост генеративных растений отмечен в мае, цветение – в конце мая, плодоношение началось во второй половине июня.

Процесс плодоношения *Capparis spinosa* L. длился с июня по октябрь. Один куст *Capparis spinosa* L. дал в среднем более 80 плодов на адырах Чимион (180–210 на адырах Арсиф и Саткак) и 150 на некоторых кустах. В каждом плоде в среднем наблюдалось 220–235 семян, масса 1000 семян составляла 7,25 г. Семена длиной 1–3 мм почковидные, коричневые. Выяснилось, что длина семян растений на исследуемых территориях составляла 2,8–3,3 мм. Созревание плодов происходило во второй декаде июля на адырах Арсиф и Саткак, а также на адырах Чимион и Алтыарик в конце июля – начале августа.

Это растение ценится многими народами мира как потенциальный источник питательных веществ, витаминов, фенольных соединений, флавоноидов, питательных веществ в его органах, а также за его сильные антиоксидантные свойства и способность расти в засушливых условиях.

Хотя биологически активные органические вещества в лекарственных растениях изучаются систематически, биологически активные минеральные элементы изучены недостаточно. Известно [14], что коли-

чество химических элементов и веществ варьируется в зависимости от типа почвы (табл. 2). Следовательно, химический элементный состав растений зависит от количества химических элементов в почве, в которой растет растение.

Усиление процесса гидроморфизма приводит к увеличению количества Mn, Zn, Mo в почве и ее слоях от известковых до луговых почв. Это также можно объяснить тем, что геохимическая миграция этих элементов в ландшафтах зависит от влияния сельского хозяйства и использования минеральных, органических удобрений. Кроме того, элементный состав *Capparis spinosa* L., широко распространенного в светлых сероземах юга Ферганы, изменяется под влиянием свойств почвы, типа растений, природно-климатических условий и других факторов. Было замечено, что количество элементов в составе *Capparis spinosa* L. варьируется в несколько тысяч раз в зависимости от физиолого-биохимических свойств органов растений (табл. 3).

Из таблицы видно, что количество изученных микроэлементов широко варьирует в органах растений, или Mn 9–100 мкг/г, Mo 0,29–5,2 мкг/г, Co 0,086–0,25 мкг/г и Zn 5 мкг/г. Обнаружены колебания в диапазоне 1–34,1 мкг/г. Из микроэлементов, изученных на предмет поглощения в органы растений, наибольшее количество приходится на Mo (52 мкг/г в коре корня), а наименьшее Co (0,018 мкг/г в стебле). Обратите внимание, что элемент Mn поглощается в очень больших количествах листьями растений, Mo в коре корня по сравнению с другими органами, а Zn накапливается в больших количествах в плодах. Если обратить внимание на классификацию изучаемых элементов по их биологической роли [7], то они относятся к числу биогенных, необходимых для жизни.

Согласно методике, Mo относится к группе крепких и очень крепких агрегатов коры корня и плодов. По диапазону коэффициентов биологической абсорбции элементы Co, Zn, Mn относятся к группе очень слабых, слабых и соответственно умеренно биоразлагаемых.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в органах *Capparis spinosa* L. (мкг/г) и коэффициент биологического поглощения (n = 14)

Растения	Органы растений	Микроэлементы (мкг/г)				Коэффициент биологического поглощения			
		Mn	Mo	Co	Zn	Mn	Mo	Co	Zn
<i>Capparis spinosa</i> L.	Корневая кожица	32	5,20	0,25	27,0	0,086	52,0	0,053	0,48
	Корневое ядро	9	0,55	0,16	5,1	0,024	5,5	0,034	0,09
	Стебель	16	0,29	0,09	14,0	0,043	2,9	0,018	0,25
	Лист	100	1,80	0,18	30,0	0,270	1,8	0,038	0,54
	Бутон	26	0,58	0,12	33,0	0,070	5,8	0,025	0,59
	Цветы	24	0,50	0,13	30,0	0,065	5,0	0,028	0,54
	Фрукты	34	2,10	0,19	34,1	0,092	21,0	0,040	0,61

Это, в свою очередь, удовлетворяет потребность в определенных макро- и микроэлементах за счет потребления биологически активной добавки, приготовленной из этого лекарственного растения, а также дневной нормы пищи. Изучение взаимосвязи элементного состава растений и элементного состава почвы, в которой произрастает, расширяет сферу его использования в народной медицине, фитобарах, современной медицине и фармацевтической промышленности.

**Заключение**

По наблюдениям, жизнеспособность, засухоустойчивость популяций *Capparis spinosa* L. относительно высока, а растения, относящиеся к незрелой и виргинильной стадиям, в 5–10 раз больше, чем сенильные. Это показывает, что можно регулярно собирать сырье в адырах южной Ферганы. Определение количества питательных и лекарственных веществ в *Capparis spinosa* L. и других лекарственных растениях еще больше повышает потребность и лечебные свойства лекарственных растений.

Ряды биологического поглощения ассимилируются в виде  $0,0n \rightarrow 0, n \rightarrow n \rightarrow 10n$ , в зависимости от количества изученных элементов. В этом ряду молибден занимает место очень сильного биологического аккумулятора, в то время как марганец, цинк и кобальт занимают среднюю, слабую и очень слабую линию удерживания. Изучая количество химических элементов в органах растения *Capparis spinosa* L. в зависимости от состава почвы, можно оценить его санитарно-гигиенические характеристики, а также уровень безопасности при фармацевтическом использовании и приготовлении пищи. *Capparis spinosa* L. можно использовать как сырье для создания новых лекарств. Поскольку растение обладает противораковым, антимикробным и противовирусным действием, оно требует глубокого изучения его химического состава.

**Список литературы**

1. Farooq Anwar, Gulzar Muhammad, Muhammad Ajaz Hussain, Gokhan Zengin, Khalid M. Alkharfy, Muhammad Ashraf and Anwarul-Hassan Gilani. *Capparis spinosa* L.: A Plant with High Potential for Development of Functional Foods and Nutraceuticals / Pharmaceuticals. International Journal of Pharmacology. 2016. Vol. 12. P. 201–219.
2. Liang H.E., Li X., Ferguson D.K., Wang Yu.F., Liu C.J., Li C.S. The discovery of *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) in the Yanghai Tombs (2800 years B.P.), NW China and its medicinal implications. Journal of Ethnopharmacology. 2007. Vol. 113. P. 409–420.
3. Chedraoui S., Abi-Rizk A., El-Beyrouthy M., Chalak L., Ouaini N., Rajjou L. *Capparis spinosa* L. in A Systematic Review: A Xerophilous Species of Multi Values and Promising Potentialities for Agrosystems under the Threat of Global Warming. Front Plant Sci.; 2017. 8: 1845. DOI: 10.3389/fpls.2017.01845.
4. Badr S.A., El-Waseif M.A. Influence of Caper (*Capparis spinosa* L.) Seeds Powder Addition as Source of Bioactive Phytochemicals on Quality Attributes and Shelf Life Extension of Beef Burger Patties. Middle East Journal of Agriculture Research. 2017. P. 1243–1258.
5. Shahid Akbar Handbook of 200 Medicinal Plants. *Capparis spinosa* L. (Capparaceae). 2020. P. 499–506. DOI: 10.1007/978-3-030-16807-0-53.
6. Eshonkulova N.T. Biotechnology for the development of steppe and desert zones and the production of biotechnological products using the plant Thermoxerophyte *Capparis spinosa* L. PhD dis... of Biol. Sci. Tashkent, 2018. P. 18–25.
7. Isagaliev M., Obidov M., Matkholiqov R. Morphogenetic and biogeochemical properties of the medicinal *Capparis spinosa* L. Journal of FarSU Scientific Reports. 2019. Vol. 4. P. 46–49.
8. Юлдашев Г., Рахимов А., Исагалиев М. Влияние агротехногенеза на миграции макро- и микроэлементов в луговых сазовых почвах // Фундаментальные основы биогеохимических технологий и перспективы их применения в охране природы, сельском хозяйстве и медицине: Труды XII Междунар. биогеохимической школы, посвященной 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева. Тула: Тул. гос. пед. ун-т им. Л.Н. Толстого, 2021. С. 215–219.
9. Obidov M.V., Isagaliev M.T., Turdaliev A.T., Abdulkhakimova Kh.A. Biogeochemistry Properties of Calcisols and *Capparis Spinosa* L. International Journal of Modern Agriculture. 2021. Vol. 10. No. 1. P. 94–101.
10. Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Ермакова И.М., Богданова Н.М., Григорьева В.Н., Егорова В.Н., Жукова Л.А., Матвеев А.П., Михайлова Н.Ф., Сугоркина Н.С., Уранов А.А., Чебураева А.Н. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 217 с.
11. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Методические указания. Новосибирск: Наука, 1974. 155 с.
12. Zhang T., Tan D.Y. An examination of the function of male flowers in an andromonoecious shrub *Capparis spinosa*. Journal of Integrative Plant Biology. 2009. Vol. 51. P. 316–324.
13. Ashish Goel, Digvijaya, Arun Garg, Ashok Kumar. Effect of *Capparis spinosa* Linn. extract on lipopolysaccharide-induced cognitive impairment in rats. Indian Journal of Experimental Biology. 2016. Vol. 54. P. 126–132.
14. Isagaliev M., Yuldashev G., Abdulkhakimova Kh. Geochemistry of biomicroelements in irrigated serozems of the south of Fergana. European Sciences review. Scientific journal. Vienna. 2018. Vol. 2. No. 11–12. P. 25–28.