

УДК 577.1.577.352.34

ЭЛЕМЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *HELIOTROPIMUM*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ УЗБЕКИСТАНА

© С.С. Омонова¹, А.Д. Матчанов², В.У. Хужаев¹, С.Ф. Арипова^{3*}

¹ Кокандский государственный педагогический институт, ул. Турон, 23, Коканд, 150707, Узбекистан

² Институт биорганической химии имени акад. О.С. Садыкова АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100170, Узбекистан

³ Институт химии растительных веществ имени акад. С.Ю. Юнусова АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 77, Ташкент, 100170, Узбекистан, salima_aripova@mail.ru

Методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (ICP-MS) впервые изучен элементный химический состав подземной и надземной частей растений рода *Heliotropium* семейства Boraginaceae: *H. lasiocarpum* Ledeb. и *H. dasycarpum* Ledeb., произрастающих в Ферганской долине Узбекистана. Полученные данные показывают, что в составе органов изученных растений из 21 рассмотренных элементов обнаружено 18, среди которых 4 макроэлемента (Ca, K, Na, Mg), 7 эссенциальных микроэлементов (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Se, Zn), 4 условно эссенциальных микроэлементов (Ni, V, As, Li), 3 токсических элемента (Pb, Ba, Al). Соли токсичных элементов Ag, Be, Cd, Hg не обнаружены. Выявлено, что из обнаруженных элементов в органах изученных растений в концентрации более 1000 мг/кг содержится 3 макроэлемента (Ca, K и Mg), в концентрации от 50 до 1000 мг/кг – 4 элемента (Na, Fe, Zn), в пределах от 10 до 100 мг/кг – 1 элемент (Mn), в пределах от 1–10 мг/кг – 5 элементов (Cr, Ni, V, Li, Cu), в пределах от 1–5 мг/кг – 2 элемента (Se, Co). Макроэлементы по количественному содержанию распологаались в следующем порядке. В надземной части *H. lasiocarpum*: K (49%)>Ca (28%)>Na (17%)>Mg (6%); в надземной части *H. dasycarpum*: K (48%)>Ca (39%)>Mg (7%)>Na (6%); в корнях *H. lasiocarpum*: K (56%)>Ca (20%)>Na (15%)>Mg (9%); в корнях *H. dasycarpum*: K (54%)>Ca (31%)>Mg (10%)>Na (5%). Из эссенциальных микроэлементов в составе корней и надземных частях *H. lasiocarpum* большую долю составляет Fe (н/ч – 700.112 мг/кг и п/ч – 197.725 мг/кг); в составе корней и надземных частях *H. dasycarpum* также большую долю составляет Fe (н/ч – 527.441 мг/кг и п/ч – 486.441 мг/кг). Установлено, что из токсичных элементов большое содержание в органах растений приходится на долю Al: в н/ч и п/ч *H. lasiocarpum* (355.55 мг/кг и 154.20 мг/кг соответственно), а в н/ч и п/ч *H. dasycarpum* (341.44 мг/кг и 276,75 мг/кг соответственно). По содержанию солей тяжелых металлов изученные растения, произрастающие в Узбекистане, отвечают требованиям, установленным ГФ XIV и ВОЗ.

Ключевые слова: *Heliotropium lasiocarpum*, *H. dasycarpum*, семейство Boraginaceae, химический элементный состав, ИСП ОЭС (ICP OES) метод.

Для цитирования: Омонова С.С., Матчанов А.Д., Хужаев В.У., Арипова С.Ф. Элементный химический состав некоторых растений рода *Heliotropium*, произрастающих в Ферганской долине Узбекистана // Химия растительного сырья. 2026. №2. С. 310–318. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260216810>.

Введение

Heliotropium (Гелиотроп) – это род растений семейства Boraginaceae (Бурачниковые), который насчитывает в мире свыше 325 видов, распространенных в тропических и субтропических областях земного шара. Название *Heliotropium* происходит от греческого слова «helios» – солнце, от идеи о том, что соцветия этих растений поворачивают свои ряды цветов к солнцу, что в переводе означает поворачиваться вращением – «тропе». *H. lasiocarpum* – однолетнее ядовитое травянистое растение с ветвистым стеблем, высотой 20–50 см; листья эллиптические, черешковые, опушенные; цветки мелкие, белые, в завитках; плод – орешек [1]. *H. dasycarpum* – многолетник с толстым корнем и несколькими ветвистыми стеблями, покрытыми волосками, 20–50 см высоты; листья на черешках, верхние почти сидячие; цветы на длинных ножках; плоды –

* Автор, с которым следует вести переписку.

орешки, яйцевидные, гладкие, покрытые волосками или голые [2]. Растения рода *Heliotropium* представляют собой исключительно травы или полукустарники, являясь сорняками, растут повсеместно вдоль дорог, в огородах, засоряют посевы злаковых (пшеницы, ячменя) [3]. Несмотря на токсичность, гелиотропы являются лекарственными растениями, их активно применяют в нетрадиционной медицине. Отвар листьев гелиотропа используют в малых дозах и концентрации в качестве противоглистного средства, при почечнокаменной болезни и для устранения лишая. Свежие листья гелиотропа используют наружно для выведения бородавок и рассасывания доброкачественных опухолей, для ванн при лишаях и других кожных заболеваниях [1, 2].

Растения рода *Heliotropium* – типичные алкалоидоносы (содержат пирролизидиновые алкалоиды гелиотрин, лазиокарпин, супнинин, циоглоссин и др.) [4, 5], отличающиеся высокой токсичностью [6–8]. В Узбекистане широко распространены растения рода *Heliotropium* L. – *H. lasiocarpum* Ledeb. и *H. dasycarpum* Ledeb., произрастающие также и на песках в республиках Средней Азии и Азербайджане [3]. *H. lasiocarpum*, ареалы запасов которого в Кашкадарьинской, Бухарской, Джизакской областях значительны (ежегодно можно заготавливать несколько тонн воздушно-сухого сырья), содержит значительные количества алкалоидов (до 18% от сырья), главным из которых является гелиотрин [4]. В опытном производстве ИХРВ на основе *H. lasiocarpum* разработан способ получения Гелиотрина, применяемого в мире в качестве биореактива при медико-биологических исследованиях для создания «гелиотриновой модели гепатита». Гелиотрин включен в Каталог французской фирмы «*Latoxan*», востребован и до настоящего времени экспортируется институтом за рубеж.

Однако следует учесть, что ядовитость Гелиотропа обусловлена только содержащимися в них пирролизидиновыми алкалоидами, которые можно удалить простыми, специфичными для алкалоидов методами, а образующийся при этом шрот, не содержащий алкалоиды, не используется. С целью утилизации шрота и использования растений рода *Heliotropium*, имеющих значительные ареалы запасов и содержащих минимальное количество алкалоидов (в зависимости от места произрастания, удаление которых не является сложным), представляет практический интерес. Кстати, изученные нами органы видов *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum*, собранные в другом регионе (восток РУз, Ферганская долина), содержат незначительные количества алкалоидов (0.1–0.3%) [9]. Растение, помимо ядовитых алкалоидов, содержит и другие нетоксичные первичные и вторичные метаболиты, которые в перспективе могут быть использованы на практике в ветеринарии и сельском хозяйстве.

Растения *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum* в химическом плане мало изучены. В связи с этим мы начали изучение и других компонентов растений (флавоноиды, белки, аминокислоты, полисахариды, липиды, витамины и др., в том числе и элементы). Помимо алкалоидов, нами изучены белковые компоненты, выделенные из *H. lasiocarpum*, изучена их токсичность и фармакологическая активность [10]. Результаты исследований показали, что острая токсичность изученных веществ оказалась выше 5000 мг/кг, что позволяет отнести их к практически нетоксичным веществам. Изучение свойств белков *H. lasiocarpum* показало, что они проявляли умеренную гипогликемическую (уступая метформину) и гипохолестеринемическую активность в сравнении с препаратом Роксера (розувастатин), снижая уровень холестерина у крыс на 41.4–53.6% [11].

Учитывая, что минеральные вещества также могут быть биологически активными или токсичными [12], изучение элементного состава указанных растений, произрастающих на территории Республики Узбекистан, в целях их дальнейшего возможного использования в качестве сырья для фармацевтической отрасли или сельского хозяйства является актуальным.

В связи с вышеуказанным, цель исследования – изучение химического элементного состава органов *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum*, произрастающих на территории РУз. Ранее элементный состав данных растений не был изучен.

Экспериментальная часть

Растения для исследований собраны в 2024 г. в Наманганской области (Мингбулок), в один и тот же период вегетации (август месяц) собраны надземная часть и корни растений. Собранное сырье сушили воздушно в хорошо проветриваемом и защищенном от прямого попадания солнечных лучей помещении, измельчали на мельнице до частиц размером 2–4 мм. Образцы растений были определены кандидатом

биологических наук А.М. Нигматуллаевым. Гербарные образцы хранятся в коллекциях Института ботаники АН РУз.

Количественный анализ элементного состава был изучен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС). Анализ проводили на трех сериях проб сырья, осуществляя по пять повторных анализов каждой пробы. Точную навеску исследуемого сырья (0.0500–0.5000 г) помещали в тефлоновые автоклавы DAP-60+ (или аналогичные). Затем образцы заливали 5 мл очищенной азотной кислоты (х/ч) и 3 мл перекиси водорода (х/ч). Разложение проводили на приборе микроволнового разложения, содержащее в автоклавах количественно переносили в мерные колбы объемом 100 мл и доводили объем до метки 2%-ной азотной кислотой. Определение элементного состава проводили на приборе Avio 200 (Perkin Elmer США), используя мультиэлементный стандарт (для ИСП ОЭС) и стандарт – Hg. Условия анализа: мощность генератора (для плазмы) 1300-1500 W, поток аргона (плазма) – 12 л/мин, небулайзер – 0.8 л/мин, перистальтический насос – 1.2 мл/мин.

Используемые инструменты и оборудование. ИСП ОЭС Avio-200 (ICP-OES). Программируемая микроволновая печь – Berghof. Тефлоновые автоклавы, мерные колбы на 50 мл, 100 мл. Реагенты: Многоэлементный стандарт для ОЭС (21); многоэлементный стандарт на ОЭС (редкие металлы); стандарт – Hg (ртуть); кислота азотная (х/ч) очищенная; перекись водорода (х/ч); деионизированная вода; аргон (чистота 99.995%). Параметры прибора: распылитель-Meinhard; распылительная камера – стеклянная, циклонная; скорость подачи пробы – 0.5 мл/мин; мощность РЧ-генератора – 1500 Вт; подача газа распылителя – 0.5 л/мин; подача вспомогательного газа – 0.2 л/мин; подача газа плазмы – 8 л/мин.

Пробподготовка образца: образец (0.1000 г) количественно переносили в тефлоновые автоклавы, к нему добавляли 3 мл очищенной концентрированной азотной кислоты (HNO_3) и 2 мл очищенной перекиси водорода (H_2O_2). Автоклавы закрывали и устанавливали в микроволновую печь Berghof (Speed Wave Xpert или аналогичная микроволновая печь). Использовали команду на разложение на основе готовой программы из интерфейса устройства. Указывали количество автоклавов, при этом температура и давление внутри них автоматически контролировалась устройством. Информация о процессе контролировалась жидкокристаллическим дисплеем. Метод проводили при влажном разложении в течение 35–45 мин в условиях минимальной температуры Т (50 °С) и максимальной температуры Т (230 °С), давления R [бар] max 40 бар внутри автоклавов. Автоклавы охлаждали до комнатной температуры и находящуюся в них жидкость количественно переносили в мерные колбы вместимостью 50 или 100 мл (до метки). При этом автоклавы промывали 2–3 раза, а затем доливали до трубки бидистиллированную воду. Раствор тщательно перемешивали, переливали в пробирку автосамплера и помещали в автосамплер в определенной последовательности. В программу вводится положение каждой пробирки, изъятая масса и коэффициент разбавления (чтобы устройство могло автоматически рассчитать концентрацию). Минерализованный раствор количественно анализировали с помощью оптико-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Perkin Elmer Avio-200 (ICP-OES) (или аналогичного аналогового прибора) в сравнении со стандартным образцом, содержащим количество макро- и микроэлементов, солей тяжелых металлов и редких металлов. Аналитические результаты автоматически рассчитывают значение прецензионности и стандартного отклонения (RSD) путем пересчета результатов на основе массы образца и значений разбавления в конце процесса. Анализ проб и обработка данных выполнялись с помощью программного обеспечения PerkinElmer (США) – Syngistix™. Статистическая обработка проведена в программном пакете Excel и Origin Pro 8.6 (Microsoft, USA) и согласно ОФС.1.1.0013.15 [13] значение P=0.01 при коэффициенте Стьюдента и n=5.

Обсуждение результатов

Результаты экспериментов по исследованию элементного состава образцов, классифицированные по [14], проведенные методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой (ИСП-ОЭС), приведены в таблице 1 и на рисунках 1–6.

Полученные данные показывают, что в составе органов изученных растений из 21 рассмотренных элементов обнаружено 18, среди которых 4 макроэлемента (Ca, K, Na, Mg), 7 эссенциальных микроэлементов (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Se, Zn), 4 условно эссенциальных микроэлементов (Ni, V, As, Li), 3 токсических элемента (Pb, Ba, Al). Соли токсичных элементов Ag, Be, Cd, Hg не обнаружены. Выявлено, что из обнаруженных элементов в органах изученных растений в концентрации более 1000 мг/кг содержится 3 макроэлемента (Ca, K и Mg), в концентрации от 50 до 1000 мг/кг – 4 элемента (Na, Fe, Zn), в пределах от 10 до 100

мг/кг – 1 элемент (Mn), в пределах от 1–10 мг/кг 5 элементов (Cr, Ni, V, Li, Cu), в пределах от 1–5 мг/кг – 2 элемента (Se, Co). Макроэлементы по количественному содержанию располагались в следующем порядке (рис. 1 и 2). В н/ч *H. lasiocarpum*: К (49%)>Ca (28%)>Na (17%)>Mg (6%); в н/ч *H. dasycarpum*: К (48%)>Ca (39%)>Mg (7%)>Na (6%); в корнях *H. lasiocarpum*: К (56%)>Ca (20%)>Na (15%)>Mg (9%), в корнях *H. dasycarpum*: К (54%)>Ca (31%)>Mg (10%)>Na (5%).

По литературным данным 98%-ное содержание калия в растении находится внутри клеток тканей, способствует нормализации обмена веществ, поддерживает кислотно-щелочной и водно-солевой баланс [15, 16]. Кальций играет важнейшую роль в передаче нервных импульсов и при регуляции артериального давления, а также при регуляции системы свертывания крови [17, 18].

Из данных рисунков 3–4 следует, что относительное содержание микроэлементов (Co, Mn, Zn, Se) в корнях и надземной части растений обоих видов примерно одного порядка. Следует отметить, что в составе растений обнаружено содержание селена (Se), являющегося одним из жизненно-важных элементов, основная функция которого заключается в участии его в работе антиоксидантных систем и гормонального обмена щитовидной железы [19].

Из микроэлементов (Fe, Cr, Li, Ni, V) в составе корней и надземных частей *H. lasiocarpum* (н/ч – 700.112 мг/кг, п/ч – 197.725 мг/кг) и *H. dasycarpum* (н/ч – 527.441 мг/кг, п/ч – 486.441 мг/кг) большую долю составляет Fe, входящий в состав гемосодержащих белков (гемоглобина и миоглобина) и участвующий в транспорте кислорода [20], содержание которого в органах растений колеблется в пределах 92–97%, что отражено на рисунках 5–6.

В органах *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum* относительное содержание меди колеблется в пределах 7.71–11.00 мг/кг, а алюминия (Al) в н/ч и п/ч *H. lasiocarpum* – 355.55 мг/кг и 154.20 мг/кг соответственно, а в н/ч и п/ч *H. dasycarpum* – 341.44 мг/кг и 276.75 мг/кг соответственно. Содержание солей тяжелых металлов Pb, Co, As в органах двух изученных растений, по данным таблицы 1, находится в пределах допустимых доз (0.00218 и 3.597 мг/кг).

Сравнительные данные тяжелых металлов [21] в *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum* с установленными мировыми требованиями по нормативно-технической документации предельно допустимых норм содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах представлены в таблице 2, из которой следует, что по данному критерию изученные растения, произрастающие в Узбекистане, отвечают требованиям, установленным ГФ XIV и ВОЗ [22, 23].

Таблица 1. Данные сравнительного анализа элементного состава надземной части и корней растений *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum* (P=0.01)

№	Элементы	Надземная часть (мг/кг)		Корни (мг/кг)	
		<i>H. lasiocarpum</i>	<i>H. dasycarpum</i>	<i>H. lasiocarpum</i>	<i>H. dasycarpum</i>
1	Ca	9133.25	11110.42	3731.21	5580.52
2	K	15950.22	9768.25	10190.12	13810.52
3	Na	5500.41	1646.23	2645.45	973.64
4	Mg	2115.25	1975.53	1662.56	1777.19
5	Fe	700.11	572.42	197.73	486.44
6	Zn	42.58	52.71	53.13	14.61
7	Cu	8.983	11.00	7.71	7.98
8	Mn	82.20	105.65	22.15	65.92
9	Co	н/о	н/о	н/о	0.19
10	Se	5.98	3.35	5.44	4.98
11	Cr	8.20	10.14	7.71	11.20
12	Ni	5.18	5.27	7.53	9.06
13	V	1.24	0.09	1.05	1.11
14	As	н/о	н/о	н/о	0.00218
15	Li	7.311	6.85	0.89	1.10
16	Pb	1.53	3.60	2.74	0.15
17	Al	355.55	341.44	154.2	276.75
18	Ba	25.95	45.58	41.42	22.13

Примечание: н/о – не обнаружено.

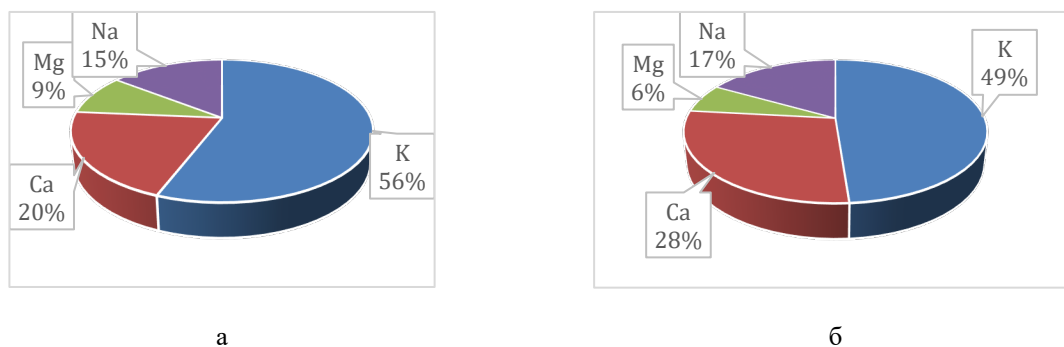


Рис. 1. Макроэлементы корней (а) и надземной части (б) *H. lasiocarpum* (относительно общего содержания макроэлементов, %)

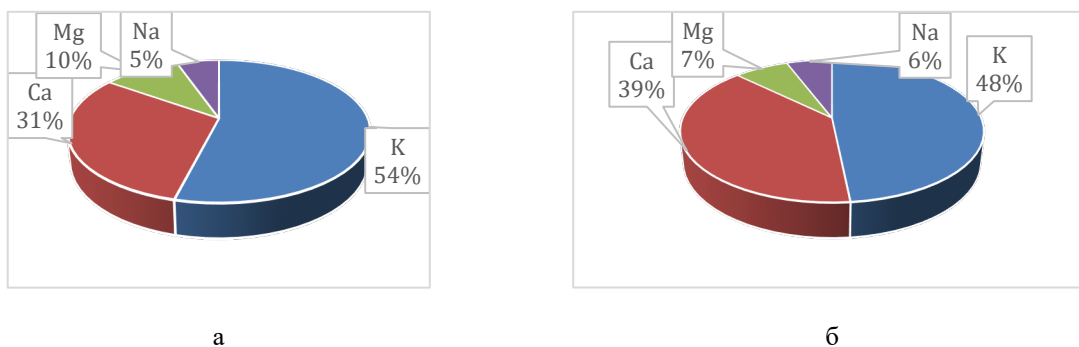


Рис. 2. Макроэлементы корней (а) и надземной части (б) *H. dasycarpum* (относительно общего содержания макроэлементов, %)

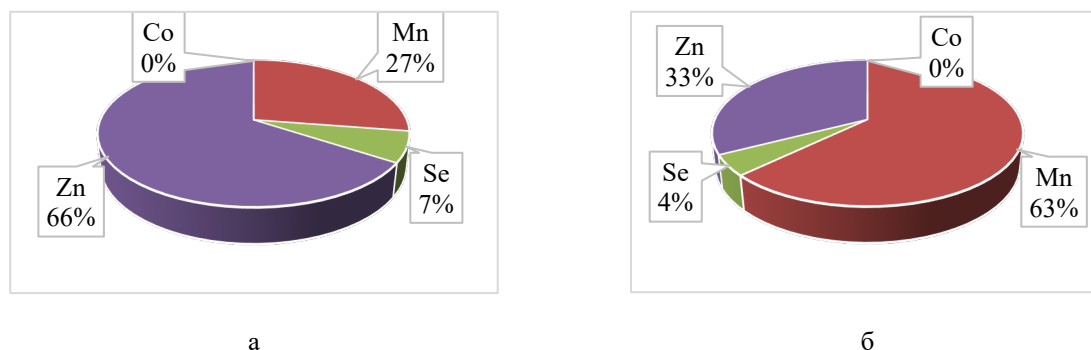


Рис. 3. Микроэлементы корней (а) и надземной части (б) *H. lasiocarpum* (относительно общего содержания микроэлементов, %)

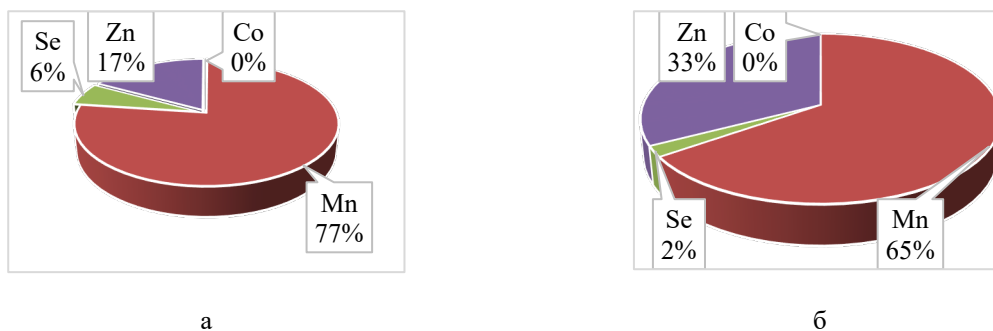


Рис. 4. Микроэлементы корней (а) и надземной части (б) *H. dasycarpum* (относительно общего содержания микроэлементов, %)

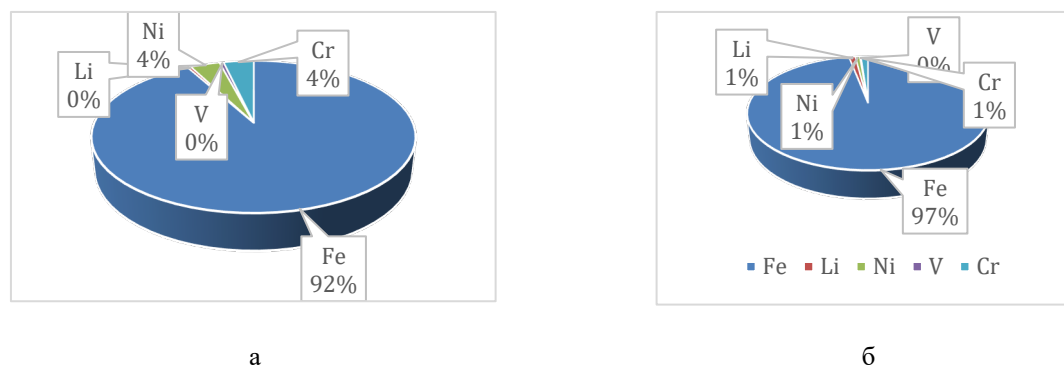


Рис. 5. Эссенциальные элементы корней (а) и надземной части (б) *H. lasiocarpum* (относительно общего содержания эссенциальных элементов, %)



Рис. 6. Эссенциальные элементы корней (а) и надземной части (б) *H. dasycarpum* (относительно общего содержания эссенциальных элементов, %)

Таблица 2. Сравнительные данные тяжелых металлов в *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum* с установленными мировыми требованиями

Элемент	Предельно допустимое содержание тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах (мг/кг)	<i>H. lasiocarpum</i> (н/ч, п/ч)	<i>H. dasycarpum</i> (н/ч, п/ч)
Свинец	6.0	1.53; 2.74	3.60; 0.15
Кадмий	1.0	н/о; н/о	н/о; н/о
Ртуть	0.1	н/о; н/о	н/о; н/о
Мышьяк*	0.5	н/о; н/о	н/о; 0.00218

*Примечание. В соответствии с требованиями безопасности, принятыми в РФ; н/о – не обнаружено.

Полученные данные свидетельствуют о том, что изученные растения являются природным источником жизненно важных элементов и по их содержанию представляют безопасное сырье для человека и сельскохозяйственных животных в качестве корма.

Выводы

1. Впервые изучен элементный состав корней и надземных частей растений рода *Heliotropium*: *H. lasiocarpum* и *H. dasycarpum*, произрастающих в Ферганской долине Республики Узбекистан, и сделан их сравнительный анализ; обнаружено 18 элементов из 21 изученных, относящихся к макро-, микро-, эссенциальным и токсическим элементам.

2. Выявленные элементы в органах изученных растений относительно других элементов характеризуются высоким содержанием Ca, K, Mg (более 1000 мг/кг), высоким содержанием элементов Na, Fe, Zn (50–1000 мг/кг), средним – Mn (10–100 мг/кг), пониженным – Cr, Ni, V, Li, Cu (1–10 мг/кг), очень низким – Se, As, Co (0.002–5 мг/кг); токсические элементы (Ag, Be, Cd, Hg) в органах изученных растений не обнаружены.

3. Установлено, что содержание солей тяжелых металлов в изученных растениях, произрастающих на территории Республики Узбекистан, находится в пределах норм, которые установлены соответствующими НТД (ГФ XIV РФ и ВОЗ).

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института химии растительных веществ имени академика С.Ю. Юнусова, Института биоорганической химии имени академика А.С. Садыкова и Кокандского государственного педагогического института. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. *Heliotropium*. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/42844.html>.
2. *Heliotropium dasycarpum* Ledeb. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/18440.html>.
3. Введенский А.И. Флора Узбекистана. Ташкент, 1961. Т. 5. 668 с.
4. Юнусов С.Ю. Справочник «Алкалоиды». Ташкент, 1981. С. 312–313.
5. Shakirov R., Vinogradova V.I., Aripova S.F., Sultankhodzhaev M.N., Bessonova I.A., Akhmedzhanova V.I., Tulaganov T.S., Salimov B.T. Natural Compounds: Plant, Sources, Structure and Properties. New York, 2013. Pp. 16–18.
6. Kakar F., Akbarian Z., Leslie T., Mustafa M.L., Watson J., van Egmond H.P., Omar M.F., Mofleh J. An Outbreak of Hepatic Veno-Occlusive Disease in Western Afghanistan Associated with Exposure to Wheat Flour Contaminated with Pyrrolizidine Alkaloids // *Journal of Toxicology*. 2010. Vol. 2010. Article 313280. <https://doi.org/10.1155/2010/313280>.
7. Ma C., Liu Y., Zhu L., Ji H., Song X. Determination and regulation of hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids in food: A critical review of recent research // *Food and Chemical Toxicology*. 2018. Vol. 119. Pp. 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.05.037>.
8. Xia Q., Yan J., Chou M.W., Fu P.P. Formation of DHP-derived DNA adducts from metabolic activation of the prototype heliotridine-type pyrrolizidine alkaloid, heliotrine // *Toxicology letters*. 2008. Vol. 178, no. 2. Pp. 77–82.
9. Omonova S.S., Khuzhaev V.U., Aripova S.F. Alkaloid content in plants of the genus *Heliotropium* growing in the fergana valley of Uzbekistan // *Материалы Научно-практической конференции «Актуальные проблемы химии природных соединений»*. Ташкент, 2025.
10. Rakhimova Sh.Kh., Mezhlumyan L.G., Omonova S.S., Azamatov A.A., Aripova S.F., Nabieva F.S. Investigation of the protein components of the aboveground part of the *Heliotropium lasiocarpum* plant and its biological activity // *Материалы Научно-практической конференции «Актуальные проблемы химии природных соединений»*. Ташкент, 2025.
11. Омонова С.С., Матчанов О.Д., Хасанов Р.С., Арипова С.Ф. Изучение содержания флавоноидов и витаминов в растениях рода *Heliotropium*, произрастающих в Узбекистане // *Узбекский биологический журнал*. 2024. №5. С. 10–13.
12. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. Оренбург, 2018. 658 с.
13. ОФС.1.1.0013.15. Статистическая обработка результатов химического эксперимента // Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV изд. М., 2018. Т. 1. С. 289–318.
14. Полянская И.С. Новая классификация биоэлементов в биоэлементологии // *Молочно-хозяйственный вестник*. 2014. №1. С. 34–42.
15. Лысыков Ю.А. Макро- и микроэлементы в организме человека: функции, дефицит/профицит // *Журнал «Справочник специалиста»*. 2008. №20. С. 262.
16. Коломийцева М.Г., Габович Р.Д. Микроэлементы в медицине: монография. М., 1970. 288 с.
17. Greer F.R., Krebs N.F. Optimizing bone health and calcium intakes of infants, children, and adolescents // *Pediatrics*. 2006. Vol. 117, no. 2. Pp. 578–585.
18. Hatfield D.L., Gladyshev V.N. How Selenium Has Altered Our Understanding of the Genetic Code // *Molecular and Cellular Biology*. 2002. Vol. 22, no. 11. Pp. 3565–3576. <https://doi.org/10.1128/MCB.22.11.3565-3576.2002>.

19. Струев И.В., Симахов Р.В. Селен, его влияние на организм и использование в медицине // Сборник научных трудов «Естественнознание и гуманизм». 2006. Т. 3(2). С. 127–136.
20. Идельсон Л.И., Воробьев А.И. Железодефицитная анемия. Руководство по гематологии. М., 2005. 123 с.
21. Тиво П.В., Бытько И.Г. Тяжелые металлы и экология. Минск, 1996. 191 с.
22. ОФС 1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах // Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд. М., 2015. Т. 2. С. 421–433.
23. World Health Organization. National policy on traditional medicine and regulation of herbal medicines: Report of a WHO global survey. Geneva, 2005. 168 p.

Поступила в редакцию 22 января 2025 г.

После переработки 23 марта 2025 г.

Принята к публикации 20 мая 2026 г.

Omonova S.S.¹, Matchanov A.D.², Khuzhaev V.U.¹, Aripova S.F.^{3*} ELEMENTAL CHEMICAL COMPOSITION OF SOME PLANTS OF THE GENUS *HELIOTROPIMUM* GROWING IN THE FERGANA VALLEY OF UZBEKISTAN

¹ Kokand State Pedagogical Institute, st. Turon, 23, Kokand, 150707, Uzbekistan

² Institute of Bioorganic Chemistry named after Acad. O.S. Sadykova Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, st. Mirzo Ulugbeka, 83, Tashkent, 100170, Uzbekistan

³ Institute of Chemistry of Plant Substances named after Acad. S.Yu. Yunusova Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, st. Mirzo Ulugbeka, 77, Tashkent, 100170, Uzbekistan, salima_aripova@mail.ru

The elemental chemical composition of the underground (u/p) and aboveground parts (a/p) of plants of the genus *Heliotropium* of the family Boraginaceae: *H. lasiocarpum* Ledeb. and *H. dasycarpum* Ledeb., growing in the Fergana Valley of Uzbekistan, was studied for the first time using the method of inductively coupled argon plasma mass spectrometry (ICP-MS). The data obtained show that 18 of the 21 elements considered were found in the organs of the studied plants, including 4 macroelements (Ca, K, Na, Mg), 7 essential microelements (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Se, Zn), 4 conditionally essential microelements (Ni, V, As, Li), 3 toxic elements (Pb, Ba, Al). Salts of toxic elements Ag, Be, Cd, Hg – not detected. It was revealed that of the detected elements in the organs of the studied plants, concentrations of more than 1000 mg/kg contain 3 macroelements (Ca, K, and Mg), concentrations of 50 to 1000 mg/kg contain 4 elements (Na, Fe, and Zn), and concentrations of 10 to 100 mg/kg contain 1 element (Mn), ranging from 1–10 mg/kg – 5 elements (Cr, Ni, V, Li, Cu), ranging from 1–5 mg/kg – 2 elements (Se, Co). Macroelements were arranged in the following order by quantitative content. In the aboveground part of *H. lasiocarpum*: K (49%)>Ca (28%)>Na (17%)>Mg (6%); in the aboveground part of *H. dasycarpum*: K (48%)>Ca (39%)>Mg (7%)>Na (6%); in the roots of *H. lasiocarpum*: K (56%)>Ca (20%)>Na (15%)>Mg (9%); in the roots of *H. dasycarpum*: K (54%)>Ca (31%)>Mg (10%)>Na (5%). Of the essential microelements, Fe accounts for the largest share in the composition of the roots and aboveground parts of *H. lasiocarpum* (a/p – 700,112 mg/kg, u/p – 197,725 mg/kg); Fe also accounts for a large share in the composition of the roots and aboveground parts of *H. dasycarpum* (a/p – 527,441 mg/kg, u/p – 486,441 mg/kg). It was found that of the toxic elements, Al accounts for a large content in plant organs: in a/p and u/p *H. lasiocarpum* (355,55 mg/kg, 154,20 mg/kg, respectively), and in a/p and u/p *H. dasycarpum* (341,44 mg/kg, 276,75 mg/kg, respectively). In terms of the content of heavy metal salts, the studied plants growing in Uzbekistan meet the requirements established by the State Pharmacopoeia XIV and WHO.

Keywords: *Heliotropium lasiocarpum*, *H. dasycarpum*, Boraginaceae family, chemical elemental composition, ICP OES method.

For citing: Omonova S.S., Matchanov A.D., Khuzhaev V.U., Aripova S.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 2, pp. 310–318. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260216810>.

References

1. *Heliotropium. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online gallerie sand plant identification guide*. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/42844.html>.
2. *Heliotropium dasycarpum* Ledeb. *Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide*. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/18440.html>.
3. Vvedenskiy A.I. *Flora Uzbekistana*. [Flora of Uzbekistan]. Tashkent, 1961, vol. 5, 668 p. (in Russ.).
4. Yunusov S.Yu. *Spravochnik «Alkaloidy»*. [Handbook "Alkaloids"]. Tashkent, 1981, pp. 312–313. (in Russ.).

* Corresponding author.

5. Shakirov R., Vinogradova V.I., Aripova S.F., Sultankhodzhaev M.N., Bessonova I.A., Akhmedzhanova V.I., Tulaganov T.S., Salimov B.T. *Natural Compounds: Plant, Sources, Structure and Properties*. New York, 2013, pp. 16–18.
6. Kakar F., Akbarian Z., Leslie T., Mustafa M.L., Watson J., van Egmond H.P., Omar M.F., Mofleh J. *Journal of Toxicology*, 2010, vol. 2010, article 313280. <https://doi.org/10.1155/2010/313280>.
7. Ma C., Liu Y., Zhu L., Ji H., Song X. *Food and Chemical Toxicology*, 2018, vol. 119, pp. 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.05.037>.
8. Xia Q., Yan J., Chou M.W., Fu P.P. *Toxicology letters*, 2008, vol. 178, no. 2, pp. 77–82.
9. Omonova S.S., Khuzhaev V.U., Aripova S.F. *Materialy Nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy khimii prirodnikh soyedineniy»*. [Proceedings of the Scientific and Practical Conference "Current Problems of Chemistry of Natural Compounds"]. Tashkent, 2025.
10. Rakhimova Sh.Kh., Mezhlumyan L.G., Omonova S.S., Azamatov A.A., Aripova S.F., Nabieva F.S. *Materialy Nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy khimii prirodnikh soyedineniy»*. [Proceedings of the Scientific and Practical Conference "Current Problems of Chemistry of Natural Compounds"]. Tashkent, 2025.
11. Omonova S.S., Matchanov O.D., Khasanov R.S., Aripova S.F. *Uzbekskiy biologicheskii zhurnal*, 2024, no. 5, pp. 10–13. (in Russ.).
12. Oberlis D., Kharland B., Skal'nyy A. *Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zivotnykh*. [Biological role of macro- and microelements in humans and animals]. Orenburg, 2018, 658 p. (in Russ.).
13. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 1, pp. 289–318. (in Russ.).
14. Polyanskaya I.S. *Molochno-khozyaystvennyy vestnik*, 2014, no. 1, pp. 34–42. (in Russ.).
15. Lysikov Yu.A. *Zhurnal "Spravochnik spetsialista"*, 2008, no. 20, p. 262. (in Russ.).
16. Kolomiytseva M.G., Gabovich R.D. *Mikroelementy v meditsine. Monografiya*. [Microelements in medicine. Monograph]. Moscow, 1970, 288 p. (in Russ.).
17. Greer F.R., Krebs N.F. *Pediatrics*, 2006, vol. 117, no. 2, pp. 578–585.
18. Hatfield D.L., Gladyshev V.N. *Molecular and Cellular Biology*, 2002, vol. 22, no. 11, pp. 3565–3576. <https://doi.org/10.1128/MCB.22.11.3565-3576.2002>.
19. Struyev I.V., Simakhov R.V. *Sbornik nauchnykh trudov «Yeyestestvoznaniye i gumanizm»*, 2006, vol. 3(2), pp. 127–136. (in Russ.).
20. Idel'son L.I., Vorob'yev A.I. *Zhelezodefitsitnaya anemiya. Rukovodstvo po gematologii*. [Iron deficiency anemia. Handbook of hematology]. Moscow, 2005, 123 p. (in Russ.).
21. Tivo P.V., Byt'ko I.G. *Tyazhelyye metally i ekologiya*. [Heavy metals and ecology]. Minsk, 1996, 191 p. (in Russ.).
22. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, XIII izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIII edition]. Moscow, 2015, vol. 2, pp. 421–433. (in Russ.).
23. World Health Organization. *National policy on traditional medicine and regulation of herbal medicines: Report of a WHO global survey*. Geneva, 2005, 168 p.

Received January 22, 2025

Revised March 23, 2025

Accepted May 20, 2026

Сведения об авторах

Омонова Сарвиноз Содикжон кизи – докторант,
omonova.sarvinoz7775@gmail.com

Матчанов Алимжон Давлатбоевич – доктор
химических наук, заведующий экспериментальной
технологической лабораторией, olim_0172@mail.ru

Хужаев Вахоб Умарович – доктор химических наук,
декан, хужаев_030@mail.ru

Арипова Салимахон Фазиловна – доктор химических
наук, профессор, главный научный сотрудник,
salima_aripova@mail.ru

Information about authors

Omonova Sarvinoz Sodikjon – Doctoral Candidate,
omonova.sarvinoz7775@gmail.com

Matchanov Alimjon Davlatboevich – Doctor of Chemical
Sciences, Head of the Experimental Technology Laboratory,
olim_0172@mail.ru

Khuzhaev Vakhob Umarovich – Doctor of Chemical
Sciences, Dean, хужаев_030@mail.ru

Aripova Salimakhon Fazilovna – Doctor of Chemical
Sciences, Professor, Chief Researcher,
salima_aripova@mail.ru