

ELEMENTAL COMPOSITION OF *Papaver pavoninum* PLANT GROWING IN THE TASHKENT AND JIZZAKH REGIONS**Ruzibaeva R.***PhD, Junior Researcher**Institute of the Chemistry of Plant Substances Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan***Matchanov A.***Doctor of Chemical Sciences, Professor**Institute of the Bioorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan***Aripova S.***Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Researcher**Institute of the Chemistry of Plant Substances Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan***Nigmatullaev A.***Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher**Institute of the Chemistry of Plant Substances Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan***ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЯ *Papaver pavoninum*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В ТАШКЕНТСКОЙ И ДЖИЗАКСКОЙ ОБЛАСТЯХ****Рузибаева Р.М.***Доктор философии, младший научный сотрудник
Института химии растительных веществ АН РУз***Матчанов А.Д.***доктор химических наук, профессор Института
биоорганической химии АН РУз***Арипова С.Ф.***доктор химических наук, профессор, главный научный
сотрудник Института химии растительных веществ АН РУз***Нигматуллаев А.М.***Кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Института химии растительных веществ АН РУз*<https://doi.org/10.5281/zenodo.18841650>**Abstract**

For the first time, a comparative study of the elemental composition (macro-, micro-, ultra-elements, heavy metal salts) of the above-ground parts of *Papaver pavoninum* plant (Papaveraceae family) growing in the Tashkent and Jizzakh regions of Uzbekistan was conducted. The elements (30) found in the studied plant are, on average, characterized by a relatively high content of Ca, K, Mg (1800-44000 mg/kg), less high – Na, Fe, P, S, Al (190-7000 mg/kg), average – Zn, Ba, B, Sr, Si, Mn (20-190 mg/kg), low – Cd, Co, Li, Ti, Cr (2-15 mg/kg), very low – V, Mo, As and Hg (0.1-4 mg/kg). It was found that Ca, K, Mg, and Na predominate among the macroelements in the composition of the above-ground parts of plant, while Fe and S predominate among the microelements. The data obtained indicate that the studied plants contain a large number of macro-, micro-, and essential elements useful for living organisms. The content of heavy metal salts is within the limits of the standards specified by the relevant regulatory documents and meets the requirements established by the WHO.

Аннотация

Впервые проведено сравнительное исследование элементного состава (макро-, микро-, ультраэлементы, соли тяжёлых металлов) надземной части растения *Papaver pavoninum* (семейство Параверасеае), произрастающего в Ташкентской и Джизакской областях Узбекистана. Обнаруженные элементы (30) в изученных образцах растения в среднем характеризуются относительно высоким содержанием Ca, K, Mg (1800-44000 мг/кг), менее высоким – Na, Fe, P, S, Al (190-7000 мг/кг), средним – Zn, Ba, B, Sr, Si, Mn (20-190 мг/кг), пониженным – Cd, Co, Li, Ti, Cr (2-15 мг/кг), очень низким – V, Mo, As и Hg (0.1-4 мг/кг). Выявлено, что в составе надземных частей растения среди макроэлементов доминируют Ca, K, Mg, Na, а среди микроэлементов – Fe, S. Полученные данные свидетельствуют о том, что изученное растение содержит большое количество полезных для живого организма макро-, микро- и эссенциальных элементов. Содержание солей тяжелых металлов находится в пределах норм, которые нормируются соответствующими НТД и отвечает требованиям, установленным ВОЗ.

Keywords: Papaveraceae, *Papaver pavoninum*, elemental composition, ICP OES method.**Ключевые слова:** Papaveraceae, *Papaver pavoninum*, элементный состав, ИСП ОЭС (ICP OES) метод.**Введение**

Исследование химического состава лекарственных растений является одной из актуальных

задач биоорганической химии, включающее изучению содержания первичных и вторичных метаболитов как важных компонентов растений, а также и

элементов, играющих немаловажную роль в жизнедеятельности живого организма [1-2].

Растения, относящиеся к семейству Papaveraceae (маковые), – двудольные одночерешковые растения, большинство видов – травы. Различают масличные, опийные (маковые), декоративные и другие виды маковых. В мире насчитывается около 600 видов маковых, в Узбекистане произрастает 31 вид 9 родов, относящихся к данному семейству [3].

Мак павлиний (*Papaver pavoninum* Schrenk.) — однолетнее травянистое растение высотой 10–40 см, широко распространённое преимущественно по всей территории южной части Средней Азии, включая Узбекистан. Это самый широко распространённый вид дикорастущих маков. Произрастает в пустынной зоне и в нижних поясах гор – от Тарбагатай до Западного Тянь-Шаня, также растёт в Иране, Афганистане, Пакистане, в глинистых и песчаных пустынях, на каменистых и щебенистых склонах низкогорий, часто встречается в пустынях, на холмах, в садах, на обочинах дорог, вокруг полей яровых культур, является сорняком в посевах, иногда растёт даже на крышах домов и глиняных заборах (дувалах) [4].

Это однолетнее растение, развитие которого сильно зависит от погодных условий весеннего сезона. В годы, когда в этот период выпадает много осадков, мак растёт бурно, его стебли достигают 70 см в высоту, обильно ветвятся, цветение растягивается на целый месяц. Тогда цветущие маки образуют многокилометровые поля в пустынях, по шлейфам гор и в межгорных долинах. В засушливые годы маков мало, отцветают они быстро и незаметно, так как стебли почти не ветвятся и образуют всего один или несколько цветков. В особо неблагоприятных условиях встречаются просто карлики – всего 2-3 см в высоту и с таким же крохотным цветком.

Стебли у мака павлиний опушены жёсткими щетинистыми волосками. Листовая пластинка дважды перисто-рассечённая, листья разделены на отдельные сегменты, которые в свою очередь рассечены на зубчатые дольки с щетинкой на верхушке. Бутоны поникающие, щетинистые, с двумя рожками на конце. Лепестков четыре, в бутоне они бледно-розовые, черепично сложены и плотно упакованы, ярко-красные, у основания тёмно-фиолетовое пятно, четко окаймленное контрастной черной полосой. Раскрытые цветки крупные – по 5 см в диаметре, лепестки красные, с дугообразным чёрным пятном у основания, поэтому его называют «павлином». Цветёт в апреле, плодоносит в конце мая, высыхает в июне. Плод — округлая коробочка, покрытая жёсткими волосками. Зрелые плоды представляют собой ребристую коробочку овальной формы, с зубчатым диском на верхушке, густо опушенную жёсткими щетинками, семена многочисленные, мелкие [4].

Опыляется мак насекомыми, которых привлекает яркая окраска цветков и огромное количество голубоватой пыльцы, высыпающейся на лепестки

из раскрывшихся пыльников. Интересно, что мелкие насекомые (мухи, перепончатокрылые, мелкие жуки) садятся прямо на лепестки, а крупные (шмели, пчёлы, некоторые жуки) – на широкое сидячее рыльце, похожее на специальную посадочную площадку [4].

Цель исследования. В отношении химического состава *Papaver pavoninum* известны данные по изучению алкалоидов: указанное растение является типичным алкалоидоносом, содержащий изохинолиновые алкалоиды. [5-7], однако другие вторичные и первичные метаболиты растения не были исследованы. В связи с этим нами изучен состав некоторых распространённых макро-, микро-, ультра- и других элементов в образцах растения *Papaver pavoninum*, собранных в 2025 году в период бурного роста в Ташкентской и Джизакской областях. Собранное сырьё сушили воздушно в хорошо проветриваемом и защищённом от прямого попадания солнечных лучей помещении. Образцы растений были определены кандидатом биологических наук А.М. Нигматуллаевым. Гербарные образцы хранятся в коллекциях Института ботаники АН РУз.

Материалы и методы исследования. Количественный анализ элементного состава был изучен методом оптика эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС). Анализ проводили на трёх сериях проб сырья, осуществляя по два повторных анализа каждой пробы, статистическую обработку результатов проводили согласно ОФС.1.1.0013.15 [8]. Точную навеску исследуемого сырья (0.0500–0.5000 г) помещали в тefлоновые 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. После разложения содержимое в автоклавах количественно переносили в мерные колбы объёмом 100 мл и доводили объём до метки 2%-ной азотной кислотой. Определение элементного состава проводили на приборе Avio 200 (Perkin Elmer США), используя мульти элементный 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.

Экспериментальная часть

Подготовка проб к анализу элементов образцов. Образец сырья (0.1000 г) количественно переносили в тefлоновые автоклавы, к нему добавляли 3 мл очищенной концентрированной азотной кислоты (HNO₃) и 2 мл очищенной перекиси водорода (H₂O₂). 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°) и максимальной температуры Т (230°), 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 бидистиллированной водой. 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 прецизионности и стандартного отклонения (RSD) путём пересчёта результатов на основе массы образца и значений разбавления в конце процесса.

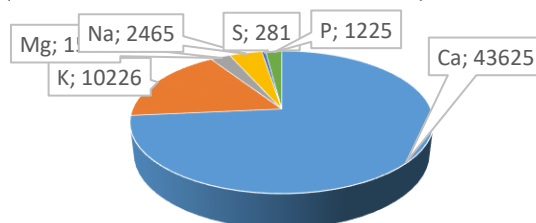
Используемые инструменты и оборудование. ИСП ОЭС Avio-200 (ICP-OES) или аналогичный масс-спектрометр. Программируемая микроволновая печь – Berghof. Тефлоновые автоклавы, мерные колбы на 50 мл, 100 мл. Реагенты: Многоэлементный стандарт для ОЭС (21); многоэлементный стандарт на ОЭС (редкие металлы); стандарт – Hg (ртуть); кислота азотная (х/ч) очищенная; перекись водорода (х/ч); деионизированная вода; аргон (чистота 99.995%).

Результаты экспериментов по исследованию элементного состава образцов, проведённые методом оптика эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС), приведены в таблицах (1-2) и рисунках (1-2).

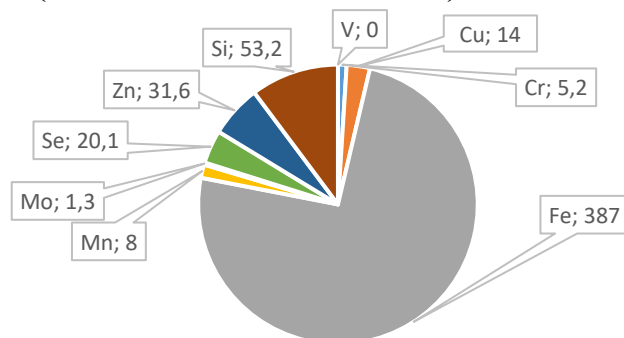
Таблица 1. Данные анализа элементного состава надземной части *Papaver pavoninum* (Ташкентская область) (mg/kg)

№	Макроэлементы		№	Ультраэлементы	
1	Ca	44495.2	16	Ag	0
2	K	16947.1	17	Al	241.3
3	Mg	2395.3	18	As	0.03
4	Na	2971.9	19	Ba	127.0
5	S	285.8	20	B	22.5
6	P	1236.9	21	Sr	77.8
Микроэлементы			22	Co	3.0
7	Cr	5.8	23	Li	12.1
8	Cu	19.4	24	Ni	16.9
9	Fe	514.5	25	V	3.8
10	Mn	22.9	26	Ti	10.3
11	Mo	1.9	Соли тяжёлых металлов		
12	Se	18.6	27	Pb	4.8
13	Zn	39.99	28	Cd	2.4
14	Mo	1.9	29	As	0.03
15	Si	56.9	30	Hg	0

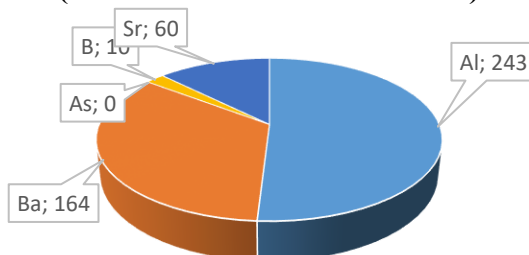
Макроэлементы *Papaver pavoninum*
(Ташкентская область, мг/кг)



Микроэлементы *Paraver pavoninum* (Ташкентская область мг/кг)



Ультраэлементы *Paraver pavoninum* (Ташкентская область мг/кг)



Соли тяжелых металлов *Paraver pavoninum* (Ташкентская область)

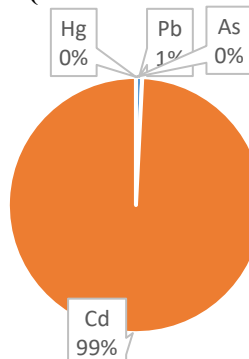


Рис. 1. Диаграмма элементов надземной части *Paraver pavoninum* (Ташкентская область) (относительно общего содержания элементов)

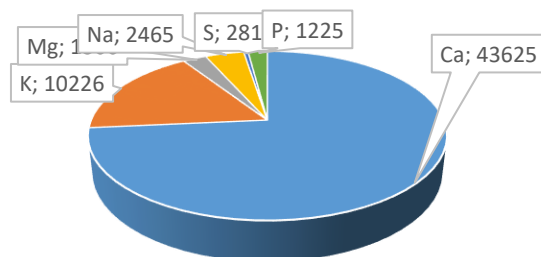
По данным анализа в надземной части *Paraver pavoninum* (Ташкентская область) отмечено наличие в максимальном количестве почти всех макроэлементов, в особенности **Ca** (44495.2 мг/кг) и **Na**

(2971.9 мг/кг). Из микроэлементов превалирует **Fe** (514.5 мг/кг) и **Sr** (77.8 мг/кг), из ультраэлементов – **Al** (241.3 мг/кг), а из солей тяжёлых металлов (**Pb**) – менее 2.6 мг/кг.

Таблица 2. Данные анализа элементного состава надземной части *Paraver pavoninum* (Джизакская область) (mg/kg)

№	Макроэлементы		№	Ультраэлементы	
1	Ca	43625.9	16	Ag	0
2	K	10226.5	17	Al	243.7
3	Mg	1506.8	18	As	0
4	Na	2465.9	19	Ba	164.7
5	S	281.2	20	B	10.2
6	P	1225.1	21	Sr	60.8
Микроэлементы			22	Co	3.3
7	Cr	5.2	23	Li	11.5
8	Cu	14.0	24	Ni	13.2
9	Fe	387.8	25	V	3.5
10	Mn	34.4	26	Ti	6.6
11	Mo	1.3	Соли тяжёлых металлов		
12	Se	20.1	27	Pb	0,019
13	Zn	31.6	28	Cd	2.4
14	Mo	1.3	29	As	0
15	Si	53.2	30	Hg	0

Макроэлементы *Paraver pavoninum* (Джизакская область, мг/кг)



Микроэлементы *Paraver pavoninum* (Джизакская область, мг/кг)

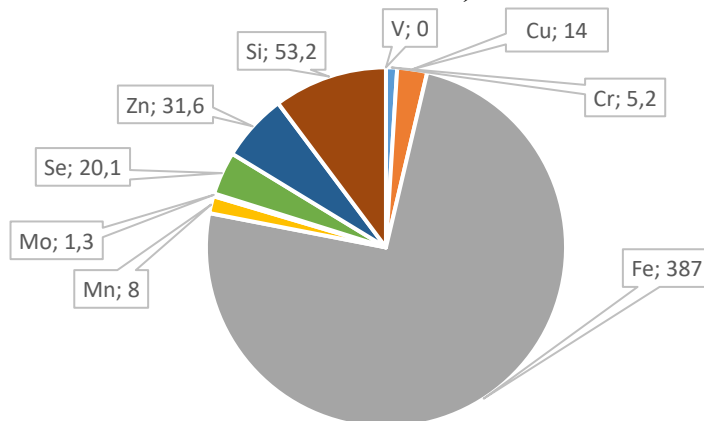




Рис. 2. Диаграмма элементов надземной части надземной части *Paraver pavoninum* (Джизакская область) (относительно общего содержания элементов)

По данным анализа в надземной части *Paraver pavoninum* (Джизакская область) отмечено наличие в максимальном количестве почти всех макроэлементов, в особенности **Ca** (43625.9 мг/кг) и **K** (10226.5 мг/кг). Из микроэлементов превалирует **Fe** (387.8 мг/кг) и **Sr** (60.8 мг/кг), **Si** (53.2 мг/кг), из ультраэлементов – **Al** (243.7 мг/кг) и **Si** (53.2 мг/кг), а из солей тяжёлых металлов (**Cb**) – менее 2.4 мг/кг.

Обсуждение результатов. Как видно из данных диаграмм 1-2, относительное содержание кальция (44-46%), калия (10-17%) и натрия (25-30%) наиболее высокое в надземных частях растений, выращенных в разных местах.

По литературным данным 98%-ное содержание калия в растении находится внутри клеток тканей, способствует нормализации обмена веществ и поддерживает кислотно-щелочной, а также водно-солевой баланс. Калий вместе с натрием влияет на деятельность нервной системы, ритм и работу сердца, а также на тонус мышц, в целом отвечая за высокую работоспособность и самочувствие живого организма [9-11].

Кальций играет важнейшую роль в передаче нервных импульсов и при регуляции артериального давления, а также при регуляции системы свертывания крови. Кальций является также основой костной ткани и зубов, так как кости являются наибольшим хранилищем минералов. В человеческом организме взрослого человека в среднем находится 1.2

кг кальция [12-13]. При нехватке кальция в организме происходит нарушение процесса обмена веществ на клеточном уровне, в итоге кости становятся хрупкими, начинают легко ломаться. В медицине этот процесс называют остеопорозом. Известно, что недостаток макроэлементов для организма приводит к аритмии, тошноте, рвоте, проблемам с пищеварением [14-15].

По результатам полученных данных в надземной части растения, произрастающего в различных рассматриваемых местах, зафиксировано высокое содержание жизненно важного микроэлемента железа (39-51%).

Железо входит в состав гемосодержащих белков (гемоглобина и миоглобина) и участвует в транспорте кислорода и в процессах тканевого дыхания. При его отсутствии нарушаются основные реакции деления и размножения клеток [16]. Следует отметить, что надземная часть *Paraver pavoninum*, произрастающего в Ташкентской области, содержит относительно высокий процент микроэлемента цинка, ценного для живых организмов (16%), а марганца содержит выше в растении, произрастающем в Джизакской области (13%). Из ультраэлементов выделяется алюминий с содержанием от 24 до 25%, а также барий, содержание которого в растениях, произрастающих в разных местах, составляет от 13 до 16%. По содержанию солей тяжё-

лых металлов, у двух растений наблюдается относительно низкий уровень общего (Pb - 0-5%, Cd - 2.4%) содержания этих элементов.

Следует отметить, что в составе растения 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. Дефицит его может привести к развитию кардиомиопатии и другим патологическим нарушениям [17]. Примечательно, что содержание Se в растениях, произрастающих в разных местах, было зафиксировано на среднем высоком уровне (19-20%).

Из данных, приведенных в таблицах 1-2, видно общее содержание солей тяжелых металлов Pb, Co, As, Hg в 2-х образцах изученного растения. По литературным источникам и по нормативно технической документации общее содержание указанных металлов в лекарственном растительном сырье не должно превышать 7.6 мг/кг. Полученные данные показывают, что содержание Pb, Co, As и Hg в составе растений в пределах допустимых доз (от 0.007 до 3.49 мг/кг).

Таким образом, из полученных данных можно сделать вывод: количество макроэлементов (K, Ca, Mg, Na), содержащихся в изученных образцах растения, высокое и измеряется в процентах. Ca – один из элементов Биохимического Организма Человека. Из микроэлементов (Fe, Mn, Zn, Se) все органиды, входящие в состав растений, имеют важное значение. Из солей тяжелых металлов в растениях представлены элементы Pb, Co, As и Hg, определено их содержание в надземных частях 2-х видов растений. Полученные данные свидетельствуют о том, что изученное растение является природным источником жизненно важных элементов, является безопасным сырьем для человека и сельскохозяйственных животных в качестве корма.

Выводы

1. Впервые проведено сравнительное исследование элементного состава (макро-, микро-, ультра-элементы, соли тяжелых металлов) надземной части растения *Papaver pavoninum* (семейство Boraginaceae), произрастающего в Ташкентской и Джизакской областях Узбекистана.

2. Обнаруженные элементы (30) в изученных образцах растения в среднем характеризуются относительно высоким содержанием Ca, K, Mg (1506.8-44495.2 мг/кг), высоким содержанием Na, Fe, Mn (229-5145 мг/кг), средним – Zn (316-399 мг/кг), пониженным – Cu, Se (140-201 мг/кг), очень низким – Pb, Co, As и Hg (0.3-4.8 мг/кг).

3. Выявлено, что в составе надземной части растения, произрастающего на территории Узбекистана, среди макроэлементов доминирует Ca, K, Na, а среди микроэлементов – Fe.

4. Установлено, что содержание солей тяжелых металлов в изученных образцах растения, произрастающих на территории Республики Узбекистан, отвечает требованиям, установленным ВОЗ.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что изученное растение содержат

большое количество полезных для живого организма макро-, микро- и эссенциальных элементов. Содержание солей тяжелых металлов находится в пределах норм, которые нормируются соответствующими НТД.

Конкретный вклад авторов: Р.М. Рузibaева готовила образцы для эксперимента, А.Д. Матчанов проводил эксперименты, С.Ф. Арипова – сбор литературы по теме, обобщение результатов экспериментов и написание статьи, А.М. Нигматуллаев – сбор растения с Ташкентской и Джизакской областей.

Работа выполнена при поддержке Бюджетной программы фундаментальных научных исследований АН РУз.

Список литературы:

1. Диана, Н., Фортер, Х., Хильгер, Х.Х. (2002-02-01). «Систематический анализ *Heliotropium*, *Tournefortia* и родственных таксонов семейства *Heliotropiaceae* (Boraginales) на основе последовательностей ITS1 и морфологических данных». //Американский журнал ботаники. 89 (2): 287–295.
2. Какар Ф., Акбарян З., Лесли Т., Лайс М., Уотсон Д., Ван Ханс Э., Фахим О.М., Мофле Д. // Журнал токсикологии. 2010: 1–7. DOI:10.1155/2010/313280
3. Введенский А.И. //Флора Узбекистана. Том 3. Ташкент: изд-во АН УзССР. 1955. С. 44.
4. <https://www.plantarium.ru/page/image/id/45706.html>.
5. Shakirov R., Telezhenetskaya M.V., Bessonova I.A., Aripova S.F., Israilov I.A., Sultankhodzhaev M.N., Akhmedzhanova V.I., Vinogradova V.I., Tulyaganov T.S., Salimov B.T., Tel'nov V.A., Chem. Nat. Comp. 32, 737 (1996).
6. Платонова Т.Ф., Массажетов П.С., Кузовков А.Д. и Уткин Л.М. Об алкалоидах растений семейства маковых. //ЖОХ, 26, 173 (1956).
7. 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». Springer. New York. 2013. 1-908. <http://www.springer.com/us/book/9780387491394>.
8. ОФС.1.1.0013.15. Статистическая обработка результатов химического эксперимента //Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М. 2018. Т. 1. С. 289–318.
9. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. //Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. Оренбург. 2018. 658 с.
10. World Health Organization et al. National policy on traditional medicine and regulation of herbal medicines: Report of a WHO global survey. Geneva, 2005. 168 p.
11. Коломийцева М.Г., Габович Р.Д. //Микроэлементы в медицине. М. 1971.
12. Лысков Ю.А. Макро- и микроэлементы в организме человека: функции, дефицит/профицит //Журнал “Справочник специалиста”. 2008. № 20. С. 262.

13. Tonelli M, Wiebe N., Hemmelgarn B., et al., Alberta Kidney Disease Network. Trace elements in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. //BMC Med. 2009 May 19; 7:25. Doi: 10.1186/1741-7015-7-25.

14. Schulman R.C., Mechanick J.I. Metabolic and nutrition support in the chronic critical illness syndrome. //Respir Care. 2012 Jun; 57(6):958-77; discussion 977-8. doi: 10.4187/respcare.01620.

15. Тяжелые металлы // Большой Энциклопедический словарь (рус.). 2000.

16. Дедю И.И. Тяжелые металлы // *Экологический энциклопедический словарь*. - Кишинев: Главная редакция Молдавской советской энциклопедии (рус.) 1989. С. 1-56.

17. Починок Т.В., Кухарська Н.Г., Мельничук В.В., Васюкова М.М., Горобець Н.І., Чернишова О.В., Мельничук В.А. Порушення кальцій-фосфорного обміну в дітей з недиференційованою дисплазією сполучної тканини та їх корекція // Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю. 2012, 13-14 февраль, Харків, Україна. С. 90-91.