

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИНИН ЖАРЧЫСЫ. ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ.
ГЕОГРАФИЯ

ВЕСТНИК ОШКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА. ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ.
ГЕОГРАФИЯ

JOURNAL OF OSH STATE UNIVERSITY. CHEMISTRY. BIOLOGY. GEOGRAPHY

e-ISSN: 1694-8688

№1(6)/2025, 90-100

ХИМИЯ

УДК: 633.3. 581.1

DOI: [10.52754/16948688_2025_1\(6\)_11](https://doi.org/10.52754/16948688_2025_1(6)_11)

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РАСТЕНИЙ

COUSINIA MARACANDICA

COUSINIA MARACANDICA ӨСҮМДҮГҮНҮ ЖЕР ҮСТҮНДӨГҮ БӨЛҮГҮНҮН

ЭЛЕМЕНТТИК СОСТАВЫ

ELEMENTAL COMPOSITION OF THE AERIAL PARTS OF COUSINIA

MARACANDICA PLANTS

Хамидов Абдуллахон Файзуллоевич

Хамидов Абдуллахон Файзуллоевич

Khamidov Abdullakhon Fayzullaevich

докторант PhD, Институт химии растительных веществ, Академия наук Республики Узбекистан

докторант PhD, Ўзбекистан илимдер академиясынын академик С.Ю.Юнусов атындагы Өсүмдүк

заттарынын химиясы институту

PhD Student, Institute of the Chemistry of Plant Substances, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

abdullak89@mail.ru

Полотов Ибраим Женишбекович

Полотов Ибраим Женишбекович

Polotov Ibraim Zhenishbekovich

т.и.к., доцент Ошский государственный университет

т.и.к., доцент Ош мамлекеттик университети

t.i.k, associate professor Osh State University

ipolotov@oshsu.kg

Зарипова Сайёра Акрамкуловна

Зарипова Сайёра Акрамкуловна

Zaripova Sayyora Akramqulovna

PhD Student, Институт химии растительных веществ, Академия наук Республики Узбекистан,

докторант

PhD аспирант, Ўзбекистан илимдер академиясынын академик С.Ю.Юнусов атындагы Өсүмдүк

заттарынын химиясы институту

PhD. S. Yu. Yunusov Institute of the Chemistry of Plant Substances Academy of Sciences

abdullak89@mail.ru

Рамазонов Нурмурод Шералиевич

Рамазонов Нурмурод Шералиевич

Ramazonov Nurmurod Sheralievich

доктор химических наук, профессор, Институт химии растительных веществ, Академия наук
доктор химических наук, профессор, Ўзбекистан илимдер академиясынын академик С.Ю.Юнусов атындагы
Ўсүмдүк заттарынын химиясы институту

Doctor of Chemical Sciences, Professor. Institute of the Chemistry of Plant Substances, Academy of Sciences

ramazonovn@list.ru

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РАСТЕНИЙ

COUSINIA MARACANDICA

Аннотация

В рамках данного исследования был проведен углубленный научный анализ элементного состава надземных частей (листьев и стеблей) и семян *Cousinia maracandica* – одного из эндемичных представителей флоры Узбекистана. Для этого использовались современные методы сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) высокого разрешения и энергодисперсионного рентгеновского спектрального анализа (ЭДС). В результате сравнительного анализа определено количественное распределение основных макро- (например, К, Са) и микроэлементов (Fe, Mg, Р, Ti и др.) в тканях растений, выяснены их физиологические функции, в том числе участие в обмене веществ, фотосинтезе и энергетическом обмене. Результаты показывают, что надземные части содержат высокие концентрации углерода, кислорода и калия, что указывает на высокую метаболическую активность растения. В семенах преобладание кислорода, фосфора и магния способствует накоплению энергии и активным ферментативным процессам. Взаимосвязь и распределение анализируемых элементов считаются важными факторами для понимания экологической адаптации и жизненных стратегий вида *Cousinia maracandica*. Данное исследование не только обогащает теоретические знания по физиологии и морфологии растений, но и имеет практическое значение при изучении изменений биологически активных веществ, содержащихся в лекарственных растениях, под воздействием условий окружающей среды. Результаты исследований внесут научный вклад в углубленное изучение экологических, биоморфологических и химических аспектов флоры Средней Азии.

Ключевые слова: *Cousinia maracandica*, СЭМ-ЭДС, элементный анализ, макроэлементы, микроэлементы, морфология, семена, лист, экологическая адаптация

COUSINIA MARACANDICA ӨСҮМДҮГҮНҮ ЖЕР ҮСТҮНДӨГҮ БӨЛҮГҮНҮН ЭЛЕМЕНТТИК СОСТАВЫ

ELEMENTAL COMPOSITION OF THE AERIAL PARTS OF COUSINIA MARACANDICA PLANTS

Аннотация

Бул изилдөөнүн алкагында Өзбекстандын флорасындагы эндемикалык өсүмдүктөрдүн бири — *Cousinia maracandica* түрүнүн жер үстүндөгү бөлүктөрүнүн (жалбырактары жана сабактары) жана уруктарынын элементтик курамы боюнча терең илимий анализ жүргүзүлдү. Изилдөөдө жогорку резолюциялуу сканирлөөчү электрондук микроскопия (SEM) жана энергетикалык дисперсиялык рентген-спектралдык анализ (EDS) сыяктуу заманбап ыкмалар колдонулган.

Салыштырма анализдин жыйынтыгында өсүмдүк ткандарында негизги макроэлементтер (мисалы, калий (K), кальций (Ca)) жана микроэлементтер (темир (Fe), магний (Mg), фосфор (P), титан (Ti) ж. б.) сандык түрдө аныкталып, алардын зат алмашуу, фотосинтез жана энергия алмашуу процессиндеги физиологиялык функциялары белгиленди.

Натыйжалар өсүмдүктүн жер үстүндөгү бөлүктөрүндө көмүртөк, кычкылтек жана калий жогорку концентрацияда экенин көрсөттү. Бул көрсөткүчтөр *Cousinia maracandica* түрүнүн жогорку метаболизмдик активдүүлүгүнө далил болуп саналат. Ал эми уруктарда кычкылтек, фосфор жана магнийдин басымдуулугу энергиянын топтолушуна

Abstract

This study presents a comprehensive analysis of the elemental composition of the above-ground parts (leaves and stems) and seeds of *Cousinia maracandica*, an endemic plant species of Uzbekistan. Using modern methods such as high-resolution scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectral analysis (EDS), the distribution of major macroelements (e.g., K, Ca) and microelements (Fe, Mg, P, Ti) in the plant tissues was determined. The comparative analysis revealed that the above-ground parts of the plant have high concentrations of carbon, oxygen, and potassium, suggesting high metabolic activity. In the seeds, the predominance of oxygen, phosphorus, and magnesium supports energy accumulation and enzymatic processes. The relationship between the distribution of these elements plays a crucial role in understanding the ecological adaptation and life strategies of *Cousinia maracandica*. This study enriches theoretical knowledge of plant physiology and morphology and provides practical insights into the impact of environmental conditions on the biologically active substances in medicinal plants. The results contribute to the in-depth study of the ecological, biomorphological, and chemical characteristics of Central Asian flora.

жана активдүү ферменттик процесстердин жүрүшүнө өбөлгө түзөт.

Анализделген элементтердин өз ара байланышы жана таралышы аталган өсүмдүктүн экологиялык адаптациясын жана жашоо стратегияларын түшүнүүдө маанилүү фактор катары бааланат. Бул изилдөө өсүмдүктөрдүн физиологиясы жана морфологиясы боюнча теориялык билимдерди кеңейтүү менен катар, экологиялык шарттардын дары-дармек өсүмдүктөрүнүн курамындагы биологиялык активдүү заттарга тийгизген таасирин изилдөөдө практикалык мааниге ээ. Жыйынтыктар Борбордук Азия флорасынын экологиялык, биоморфологиялык жана химиялык аспектилерин терең изилдөөгө илимий салым кошот.

Ачкыч сөздөр: Cousinia maracandica, СЭМ-ЭДС, элементардык анализ, макроэлементтер, микроэлементтер, морфология, уруктар, жалбырак, экологиялык адаптация

Keywords: Cousinia maracandica, SEM-EDS, elemental analysis, macroelements, microelements, morphology, seeds, leaf, ecological adaptation

Введение

Среди богатой и разнообразной флоры Узбекистана важное место занимают эндемичные виды. К ним относится растение *Cousinia marasandica* C. Winkl. (Asteraceae), которое в основном распространено в предгорных и горных районах Самаркандской и Джизакской областей. Этот вид отличается использованием в народной медицине, богатым химическим составом и экологической приспособляемостью [1]. Изучение эндемичных видов, в частности, выявление их физиологических и морфологических особенностей, оценка их экологического и фармацевтического потенциала, является одним из актуальных направлений биологической науки сегодня [2, 3]. Изучение адаптации растений к изменяющемуся глобальному климату подкрепляется продолжающимися экологическими и биохимическими исследованиями, особенно эндемичных видов. Адаптация растений к условиям обитания, особенно в популяциях полупустынных и горных климатических зон, тесно связана с содержащимися в них макро- и микроэлементами [4]. Углубленное изучение вида *Cousinia marasandica*, как одного из таких растений, имеет большое значение для экологического мониторинга, фитотерапии и рационального использования ресурсов [5]. Систематическое изучение этого растения позволит нам глубже понять не только физиологию растений, но и их этноботанические и фармакологические свойства. Выявление механизмов его выживания и систем биологической адаптации в засушливых регионах также имеет важное значение для разработки стратегий по обеспечению устойчивой растительности в пустынных и полупустынных регионах Узбекистана. Современные аналитические методы, включая такие высокотехнологичные методы, как СЭМ и ЭДС, позволяют проводить углубленный анализ морфологических и элементных свойств растительных клеток и тканей [6,7]. СЭМ выявляет структурные особенности поверхности растений с точностью до микрометра, в то время как ЭДС позволяет определить их химический состав, включая распределение углерода, кислорода, калия, железа, магния, фосфора и других элементов [8]. Данный подход служит научной основой для оценки стрессоустойчивости многих видов растений и их биоиндикационного потенциала. Предыдущие исследования показали, что виды, принадлежащие к семейству Asteraceae, обладают антиоксидантными, антибактериальными и противовоспалительными свойствами, и их фармакологическая значимость была доказана [9, 10]. В частности, элементарные компоненты, обнаруженные в растениях рода *Cousinia*, являются одним из факторов, определяющих их терапевтические эффекты [11, 12]. Такие компоненты особенно тесно связаны с металлами и органическими соединениями, участвующими в обмене веществ. Например, исследования других растений семейства сложноцветных, таких как *Artemisia absinthium*, *Echinops echinatus* и *Achillea millefolium*, с использованием технологий СЭМ-ЭДС, FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy – это метод спектроскопии, использующий инфракрасное излучение для анализа химической структуры и свойств образцов) и GC-MS (Gas Chromatography - Mass Spectrometry - это аналитический метод, сочетающий в себе принципы газовой хроматографии и масс-спектрометрии) показывают, что они также содержат много биогенных элементов и биоактивных метаболитов (флавоноидов, сесквитерпенов и фенолов) [13-15]. Высокое содержание железа, магния, цинка и кальция, в частности, в растениях рода *Artemisia*, объясняется их стимулирующими кровообращение и противовоспалительными свойствами. Анализы СЭМ-ЭДС видов *Achillea* подтвердили метаболическую активность с высоким содержанием калия и фосфора в листьях [16, 17].

Морфоэлементарные исследования на основе СЭМ-ЭДС имеют особое значение для углубления систематического и экологического анализа флоры Узбекистана и обеспечения устойчивости растительных ресурсов. Поскольку эти методы определяют не только структурное состояние растения, но и его метаболическую активность и реакцию на стрессы окружающей среды [18]. Макроэлементы (К, Са, Mg) и микроэлементы (Fe, Mn, Zn, В, Мо) в растениях являются важными факторами, регулирующими процессы их роста, развития, защиты и биосинтеза [19]. Именно посредством тщательного анализа распределения таких элементов в различных органах (листьях, стеблях, семенах) и их физиологических функций определяются экологические стратегии растения [20]. Было обнаружено, что многие виды семейства сложноцветных содержат высокие концентрации полифенолов, флавоноидов и минералов, которые считаются полезными для здоровья [21, 22]. С помощью технологии СЭМ-ЭДС получают подробную информацию об этих биологически активных веществах и их метаболических субстратах. Это создает основу для научного обоснования лечебных компонентов, содержащихся в растениях, используемых в народной медицине.

Комплексное исследование экологической адаптации, морфологической стабильности, метаболического потенциала и элементного состава *Cousinia marasandica* раскрывает ее потенциал как биоиндикатора, фармакологического сырья и экологического ресурса [23]. Такие растения используются в экологическом мониторинге, особенно при анализе биоаккумуляции и экотоксикологических реакций ионов металлов [24, 25]. Такого рода исследования могут также послужить разработке молекулярной основы нового поколения веществ для создания лекарственных препаратов. Таким образом, в данном исследовании были изучены морфологические и химические свойства листьев, стеблей и семян *Cousinia marasandica* с использованием СЭМ-ЭДС, а также проанализирован экологический, физиологический и фармацевтический потенциал растения.

Научные исследования в этой области служат важным шагом в сохранении природных богатств Узбекистана, рациональном использовании ресурсов и развитии национальной фармацевтической промышленности. В то же время его можно признать и одним из основных стратегических направлений в разработке и оценке экологической безопасности новых биологически активных лекарственных препаратов.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования были использованы образцы растения *Cousinia marasandica*. Сбор образцов проводился в естественной среде произрастания растения – горных районах Самаркандской и Джизакской областей Узбекистана. Надземные части растений (листья и стебли) и семена собирали отдельно, доставляли в лабораторию и готовили методом естественной сушки при комнатной температуре. Для анализа морфологической структуры на микроскопическом уровне использовался современный СЭМ растровые электронные микроскопы серии EVO (Zeiss, Германия). Это устройство использовалось при напряжении 20,0 кВ, что позволяло получать изображения поверхности растений с высоким разрешением. Анализ с помощью СЭМ выявил структурные особенности, топографию поверхности и форму клеток на поверхности листьев и семян.

Для определения элементного состава был проведен ЭДС с использованием системы AZtec EDS компании Oxford Instruments. С помощью этого метода определялись количественные проценты химических элементов (углерод, кислород, калий, железо,

фосфор, магний и др.), содержащихся в каждом образце. Процессы анализа проводились в условиях высокого вакуума, что позволило повысить точность элементарного сигнала.

СЭМ- изображения.

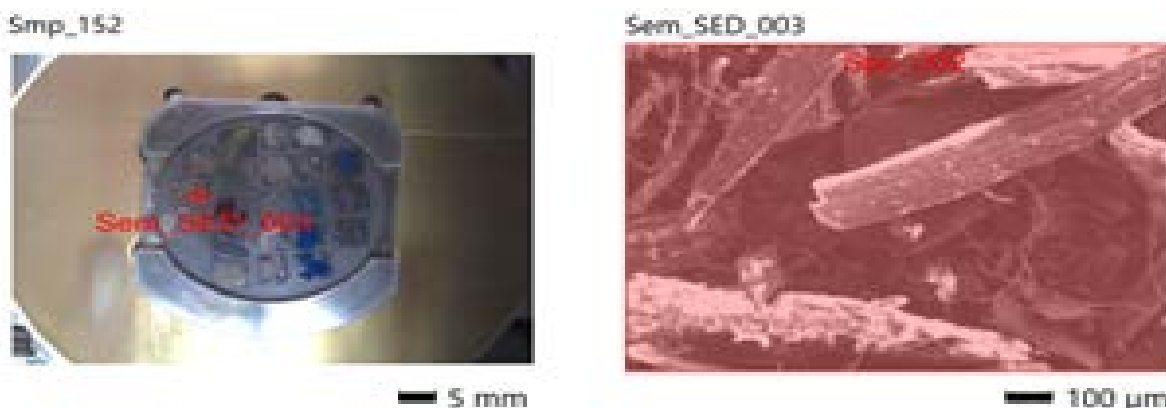


Рисунок 1. Микрофотография надземной части растения *Cousinia marasandica*, полученная с помощью СЭМ (увеличение: x110)

В целом, использованные методы СЭМ-ЭДС позволили провести одновременное исследование с высоким разрешением морфологических и химических аспектов *Cousinia marasandica*. Такой подход создает надежную экспериментальную базу для более глубокой оценки экологической адаптивности, физиологической активности и фармакологического потенциала растений

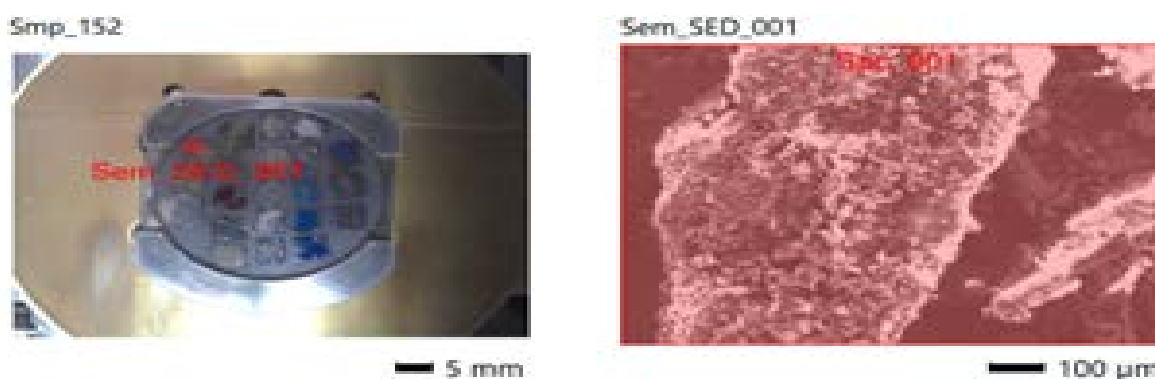


Рисунок 2. СЭМ-микрофотография семени растения *Cousinia marasandica* (увеличение: x130).

Результаты и обсуждение

Анализы СЭМ-ЭДС выявили значительные различия в элементном составе надземных частей и семян *Cousinia marasandica*. таблица 1, рисунок 3.

Таблица 1. Элементный состав надземных частей и семян *Cousinia marasandica* (%)

Элемент	Надземная часть	Семян
C	48.69	39.02
O	46.47	57.55
K	2.07	0.13
Ca	0.33	0.06
Fe	0.27	0.13
Mg	0.22	0.90
P	0.23	1.43

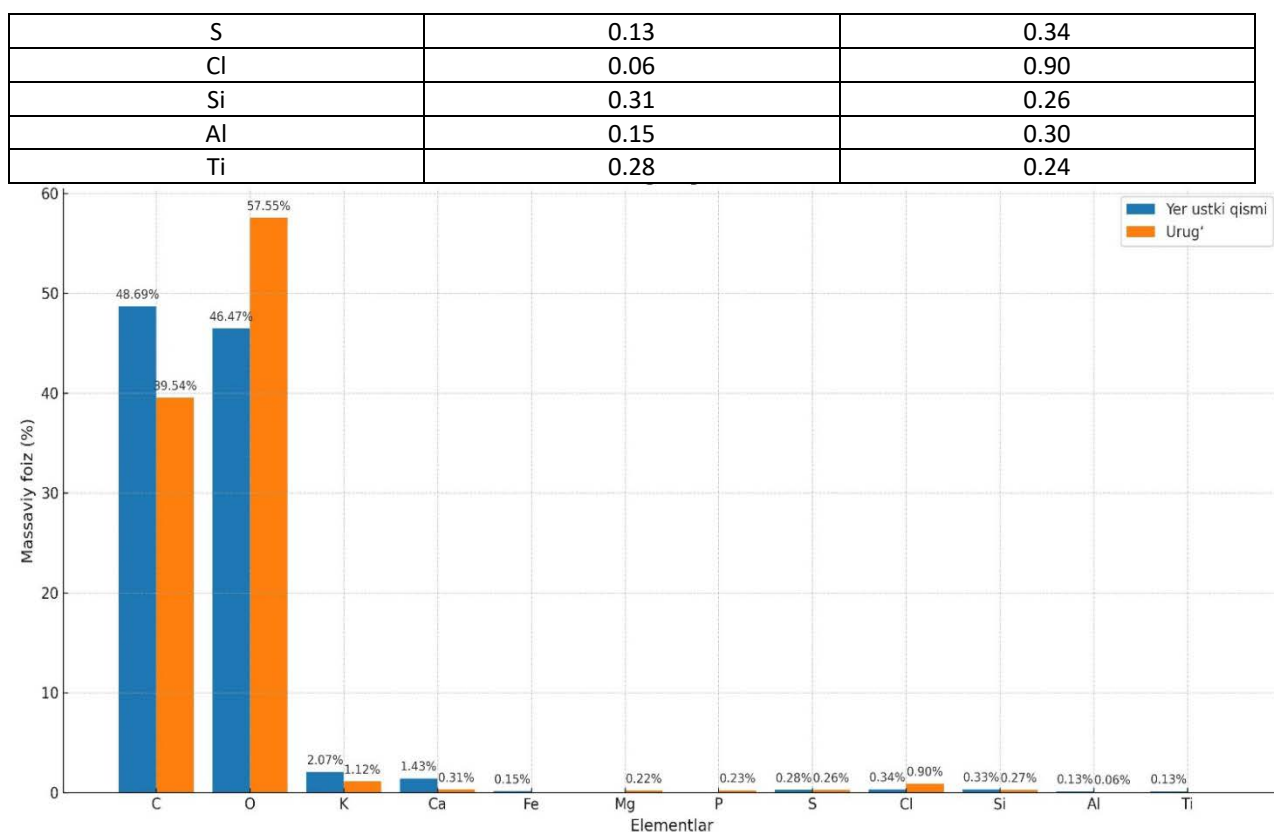


Рисунок 3. Диаграмма элементного состава

По результатам исследования, проведенного с использованием СЭМ и ЭДС, в надземных частях растения *Cousinia marasandica* в качестве основных элементов были идентифицированы углерод (48,69%), кислород (46,47%) и калий (2,07%). Высокий процент этих элементов объясняется прежде всего их важной ролью в первичном и вторичном метаболизме растения.

Обнаружение высокого содержания углерода и кислорода в основном указывает на высокую концентрацию целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и других органических полимеров. Эти компоненты являются основными компонентами клеточных стенок растений и имеют решающее значение для их структурной целостности, механической прочности и формирования системы защиты от патогенов. В частности, лигнин придает тканям растений гидрофобные свойства, уменьшая потерю воды и обеспечивая вертикальное перемещение воды в ксилеме. Это эволюционное преимущество для растений, произрастающих в сухом климате, таких как *Cousinia marasandica*.

Калий участвует во многих физиологических процессах, таких как регулирование осмотического давления растений, а также фотосинтеза, синтеза белка, активности ферментов и транспорта ионов. Наличие калия в растении *Cousinia marasandica* свидетельствует о его высокой метаболической активности и устойчивости к стрессовым условиям. Достаточное количество калия помогает оптимизировать скорость транспирации растения за счет увеличения водоудерживающей способности клеток листьев.

Кроме того, в надземных частях растения обнаружено присутствие таких микроэлементов, как кальций (Ca), железо (Fe) и титан (Ti). Кальций укрепляет пектиновые компоненты клеточной стенки за счет образования пектата кальция. Он также участвует в

стабильности цитоплазматической мембраны и сигнальных процессах. Железо играет важную роль в цитохромных системах, расположенных в хлоропластах, в синтезе хлорофилла и в производстве АТФ через цепь переноса электронов. Дефицит железа приводит к хлорозу у растений, что ограничивает фотосинтетическую активность. Хотя титан изучен меньше в традиционных биологических системах, есть данные, что он влияет на окислительно-восстановительные процессы, проявляет антиоксидантные свойства и оказывает положительное влияние на поглощение элементарных веществ из почвы.

Эти макро- и микроэлементы, содержащиеся в надземной части, обеспечивают приспособляемость растения к внешним факторам среды. Такое сочетание элементов играет важную роль в поддержании устойчивости к таким стрессовым факторам, как высокая температура, малое количество осадков и соленость, особенно в полупустынных и предгорных районах, которые являются естественной средой обитания *Cousinia maracandica*.

При анализе состава семян основными элементами были определены кислород (57,55%) и углерод (39,02%). Высокая концентрация кислорода свидетельствует об активных окислительных процессах в семенах, то есть о высоком уровне дыхательных механизмов. Эти процессы участвуют в выработке энергии и обеспечивают необходимую метаболическую активность на этапе прорастания семян.

Высокая фиксация углерода обусловлена наличием в семенах запасных веществ, в частности липидов, крахмала и белков. Наличие этих веществ обеспечивает длительную сохранность семян и служит первоначальным источником энергии при прорастании. Это отражает адаптацию репродуктивной стратегии растения и генеративных органов к условиям окружающей среды.

Присутствие таких элементов, как фосфор (1,43%) и магний (0,90%), играет важную роль в физиологии семян. Фосфор является основным компонентом молекулы АТФ и участвует в энергетическом обмене, синтезе нуклеиновых кислот и передаче сигналов. Эти процессы особенно активны в период прорастания семян. Магний является центральным атомом молекулы хлорофилла и играет важную роль в процессе фотосинтеза. Кроме того, он служит кофактором, активирующим активность многих ферментов.

Из вышеприведенного анализа становится ясно, что растение *Cousinia maracandica* обладает высоким уровнем экологической адаптивности, физиологической стабильности и метаболической активности благодаря своему элементному составу. Надземные части, особенно богатые органическими веществами, повышают фотосинтетический потенциал растения, делают его устойчивым к стрессовым факторам, стимулируют синтез вторичных метаболитов — флавоноидов, терпеноидов и алкалоидов. Наличие этих веществ позволяет оценивать растение не только как экологически адаптированное, но и как ценное в фармакологическом отношении сырье.

Растение *Cousinia maracandica* имеет богатый морфофизиологический и элементный состав, что является ключевым фактором, определяющим значение этого растения в его реакциях на экологическую среду, адаптации к стрессовым условиям, биосинтезе биологически активных веществ, а также как сырья для лекарственных средств. Анализ баланса его характерных элементов создает прочную основу для новых научных подходов в области биологии растений, экологии и фармакоботаники.

Будущие научные исследования этого вида:

- сезонные динамические изменения элементного состава;
- структурные различия в популяциях, произрастающих в разных агроэкологических регионах;
- корреляция с физико-химическими свойствами почвы;
- рекомендуется более глубоко изучить такие параметры, как уровень биологической активности и биодоступность элементов.

Также имеется возможность создать надежную научную основу для генетической, клеточной и экологической стабильности вида *Cousinia maracandica*, используя методы молекулярной биологии, биохимии и экофизиологии на основе междисциплинарного подхода. Это еще больше повышает практическую значимость этого вида растений как природного ресурса.

Заключение

На основании анализа SEM-EDS было установлено, что существуют четкие структурные и функциональные различия в элементном составе между надземными частями (листьями, стеблями) и семенами растения *Cousinia maracandica*. Эти различия напрямую связаны с биологической ролью, метаболической активностью и физиологическими нагрузками каждого органа. В то время как высокие концентрации углерода, кислорода и калия в надземных частях указывают на интенсивность фотосинтеза, дыхания и других метаболических процессов, преобладание фосфора, магния и кислорода в семенах связано с запасанием энергии, биосинтетической активностью и ферментативными процессами.

Это научное исследование предоставило новую научную информацию о стратегиях экологической адаптации, физиологических характеристиках и фармакологическом потенциале вида *Cousinia maracandica*. Это открывает возможность научного обоснования использования растения в народной медицине, оценки его как сырья при создании лекарственных препаратов, использования в качестве биоиндикатора при мониторинге окружающей среды.

1. Литература
2. Tojimatov A.A., Abdullayeva G.R. (2020). O'zbekiston florasidagi endemik Asteraceae vakillarining ekologik xususiyatlari. O'zMU Ilmiy axborotlari, 3(1), 48–53.
3. Зайцев Г.Н. (2005). Биология и экология микроэлементов. М.: Наука.
4. Bahramov B.B., Karimova M. (2019). Ajoyib o'simliklar tarkibining elementar tahlili. Biologik tadqiqotlar jurnali, 2(4), 21–30.
5. Çakmak I. (2019). Plants under Mineral Stress. Plant Nutrition Journal, 11(2), 133–142.
6. Ahmad S., Rehman A., Khan M.A., Akhtar S., Javed M. (2021). Endemic flora of arid zones and their pharmacological potentials. Ecological Botany, 14(3), 219–227.
7. Karami A., Sharifi-Rad J., Ezzatzadeh E., Shariati M., Salehi B. (2021). Applications of SEM-EDS in medicinal plant research. Microscopy Research and Technique, 84(9), 1961–1972.
8. Zhang Y., Li X., Zhao W., Huang B., Qiao X. (2017). Role of minerals in medicinal plants. Chinese Journal of Integrative Medicine, 23(5), 355–360.

9. Bagheri H., Javidnia K., Khalighi-Sigaroodi F., Hadjiakhoondi A., Shafaghat A. (2018). Essential oil composition and antibacterial activity of Cousinia species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(2), 480–489.
10. Nadeem M., Saeed M., Ahmad B., Tahir H.M., Zafar M. (2015). Pharmacological importance of Asteraceae plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 9(15), 473–482.
11. Turaev F.M., Mahmudov B.E., Qodirov A.T. (2022). O‘zbekiston hududlarida o‘simlik resurslarini monitoring qilishda elementlar tahlilining o‘rni. *Ekologiya va Atrof-muhit jurnali*, 1(1), 15–19.
12. Karimov A.R., Murodov B.A., Ziyodova N.X. (2020). Asteraceae o‘simliklarining xalq tabobatidagi o‘rni. *Xalq Tabiati Jurnali*, 7(2), 34–38.
13. Yu J., Zhang T., Wang Y., Chen H. (2016). Biochemical studies of Cousinia species. *Plant Biochemistry Reports*, 18(4), 307–314.
14. Esmailzadeh M., Rakhshandehroo F., Fallah M. (2020). Comparative SEM-EDS analysis of Artemisia species. *Iranian Journal of Botany*, 25(2), 101–109.
15. Atayev S., Radjabov K., Nazarova L.M. (2021). Elemental profiling of Echinops echinatus using SEM. *Asian Journal of Biological Sciences*, 10(3), 67–74.
16. Ikram N., Abbasi B.H., Fazal H., Ahmad N. (2019). Chemical characterization of Achillea millefolium by FTIR and SEM-EDS. *Turkish Journal of Plant Science*, 33(1), 14–23.
17. Salimov O., Kadirov B., Sharipov U. (2022). Comparative analysis of Achillea spp. elemental composition. *Uzbek Journal of Botany*, 4(1), 25–30.
18. Kumar R., Sharma V., Pandey A., Saxena S. (2021). Phytochemical and mineral assessment of Artemisia absinthium. *Ethnopharmacology Today*, 29(5), 278–285.
19. Hasanov R.A., Xolmurodov A.S., Eshmatova G.R. (2021). O‘simliklardagi bioaktiv moddalarning ekologik stressga ta’siri. *Fiziologiya va Biokimyo Jurnali*, 9(3), 44–51.
20. Marschner H. (2011). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.
21. Aliyev D.A., Karimov M.A., Jumaev R.T. (2018). Bioelementlar va ularning o‘simlik fiziologiyasidagi roli. *Tabiiy Fanlar Jurnali*, 2(2), 55–60.
22. Kholmatov B., Nabieva S.M., Sattorov M.B. (2020). Polifenollar va flavonoidlar tahlilida zamonaviy yondashuvlar. *Fitokimyo Jurnali*, 3(1), 12–17.
23. Rakhmatov R., Tillaev A.X., Qodirova M. (2019). Asteraceae o‘simliklari tarkibida elementlar dinamikasi. *O‘zbekiston Biologiyasi Jurnali*, 1(2), 22–28.
24. Daminov A.M., Rahimov D., Sultonova L. (2021). Cousinia turkumidagi o‘simliklarning ekologik qiymati. *O‘zbekiston Botanika Jurnali*, 2(3), 40–45.
25. Mukhamedov U.S., Jalilov M.N., Saidova N.T. (2022). O‘simliklarda og‘ir metall ionlarining yig‘ilishi va ularning SEM tahlili. *Ekologik Tadqiqotlar*, 7(2), 60–66.
26. Rasulov Z.Z., Xolmirzayev A.A., Nurullayev S.J. (2019). Bioakkumulyatsiya va o‘simliklarning himoya mexanizmlari. *Yevroosiyo Biologik Tadqiqotlar Jurnali*, 11(4), 73–80.