

МРНТИ 34.29.01

<https://doi.org/10.26577/bb20251053>А.Е. Нурманбек<sup>1\*</sup>, Н.З. Ахтаева<sup>1</sup>, Л.Н. Киекбаева<sup>2</sup><sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан<sup>2</sup>Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан

\*e-mail: aydyn.nurmanbek@gmail.com

## МАКРОСКОПИЯ И МИКРОСКОПИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ *ARTHROPHYTUM LONGIBRACTEATUM*

В данной работе представлены результаты детального изучения анатомического строения листьев лекарственного растения *Arthrophytum longibracteatum* Eug.Kor., произрастающего в предгорьях Бугаты. *A. longibracteatum* – галофитное растение и многолетний полукустарник, входящее семейству маревые *Chenopodiaceae* Less. Вид был впервые описан российском ботаником М.Е. Коровином в 1935 году. *A. longibracteatum* играет важную роль, как почвоукрепляющее растение, уменьшая ветровую эрозию.

Цель исследования – изучить морфо-анатомическое строение листа *A. longibracteatum* и определить диагностические признаки вида на основе их листовой структуры. Исследования проводились с использованием макро- и микроскопических методов, в соответствии с требованиями Фармакопеи Казахстана.

Ассимиляционная ткань листьев характеризуется изолатерально-палисадным типом строения. Палисадные клетки, ответственные за фотосинтез, расположены в один ряд. На верхнем и нижнем эпидермисе листьев обнаружены устьица парацитного типа, обеспечивающие газообмен растения с окружающей средой.

В основных тканях листьев присутствуют минеральные кристаллы- друзы различного размера. Эти кристаллы играют важную роль в метаболизме растения и могут служить диагностическим признаком. Проводящая ткань листьев демонстрирует утолщенную структуру, что является характерной особенностью хасмофитов – растений, произрастающих на скалах и каменистых субстратах.

Полученные данные могут быть использованы для идентификации и стандартизации сырья *A. longibracteatum* в фармацевтической практике.

**Ключевые слова:** *Arthrophytum longibracteatum* Eug.Kor., галофиты, друзы оксалата кальция, микротехника, склероморфоз.

A.E. Nurmanbek<sup>1\*</sup>, N.Z. Akhtayeva<sup>1</sup>, L.N. Kiyekbayeva<sup>2</sup><sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan<sup>2</sup>Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: aydyn.nurmanbek@gmail.com

### Macroscopy and microscopy of the prospective medicinal plant *Arthrophytum longibracteatum*

This paper presents the results of a detailed study on the anatomical structure of the leaves of the medicinal plant *Arthrophytum longibracteatum* Eug.Kor., which grows in the foothills of the Boguty Mountains. *A. longibracteatum* is a halophytic plant and a perennial semi-shrub belonging to the family *Chenopodiaceae* Less. The species was first described by the Russian botanist M.E. Korovin in 1935. *A. longibracteatum* plays an important role as a soil-stabilizing plant, reducing wind erosion.

The aim of the study is to examine the morphological and anatomical characteristics of *A. longibracteatum* leaves and to determine the diagnostic characteristics of the species based on their leaf structure. The study was carried out using macro- and microscopic methods, in accordance with the requirements of the Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan.

The assimilative tissue of the leaves is characterized by an isolateral-palisade type of structure. Palisade cells responsible for photosynthesis are arranged in a single layer. On both the upper and lower epidermis of the leaves, paracytic-type stomata were identified, ensuring gas exchange between the plant and the surrounding environment.

In the fundamental tissues of the leaves, mineral crystals known as druses of various sizes were found. These crystals play a significant role in plant metabolism and may serve as diagnostic markers.

The vascular tissue of the leaves exhibits a thickened structure, which is a characteristic feature of chas-mophytes—plants that grow on rocks and stony substrates.

The data obtained can be used for the identification and standardization of *A. longibracteatum* raw materials in pharmaceutical practice.

**Keywords:** *Arthrophytum longibracteatum* Eug.Kor., halophytes, calcium oxalate druses, microscopy, scleromorphosis.

А.Е. Нұрманбек<sup>1\*</sup>, Н.З. Ахтаева<sup>1</sup>, А.Н. Киекбаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы, Қазақстан

\*e-mail: aydyn.nurmanbek@gmail.com

### ***Arthrophytum longibracteatum* перспективалы дәрілік өсімдігінің макроскопиясы және микроскопиясы**

Бұл зерттеу жұмысында Боғұты тау етегінде өсетін дәрілік өсімдік – *Arthrophytum longibracteatum* Eug.Kor. жапырағының анатомиялық құрылысы жан-жақты сипатталған. *A. longibracteatum* – көпжылдық жартылай бұта және галофитті өсімдік, алабұталар тұқымдасына *Chenopodiaceae* Less. жатады. Бұл түрді алғаш рет 1935 жылы орыс ботанигі М.Е. Коровин сипаттаған. *A. longibracteatum* топырақты бекітетін өсімдік ретінде маңызды рөл атқарады, жел эрозиясын азайтады.

Зерттеу жұмысының мақсаты *A. longibracteatum* жапырағының морфо-анатомиялық ерекшеліктерін зерттеп, жапырақ құрылысы негізінде диагностикалық белгілерін анықтау. Зерттеу Қазақстан Республикасы Фармакопеясының талаптарына сәйкес макро- және микроскопиялық әдістер арқылы жүргізілді.

Жапырақтардың ассимиляциялық ұлпасы изолатералды-палисадты типке жатады. Фотосинтезге жауапты палисадты жасушалар бір қатарлы орналасқан. Жапырақтың үстіңгі және астыңғы эпидермисінде парациттік типтегі устьицалар анықталды, олар өсімдіктің қоршаған ортамен газ алмасуын қамтамасыз етеді.

Жапырақтың негізгі ұлпаларында әртүрлі мөлшердегі минералды кристалдар – друзалар кездеседі. Бұл кристалдар өсімдік метаболизмінде маңызды рөл атқарады және диагностикалық белгі ретінде қолданылуы мүмкін. Жапырақтың өткізгіш ұлпасы қалыңдаған құрылыммен сипатталады, бұл жартастар мен тасты субстраттарда өсетін хасмофит өсімдіктеріне тән ерекшелік.

Алынған мәліметтер *A. longibracteatum* шикізатын фармацевтикалық тәжірибеде анықтау және стандарттау мақсатында қолданылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** *Arthrophytum longibracteatum* Eug.Kor., галофиттер, кальций оксалатының друзалары, микроскопия, склероморфоз.

## **Введение**

*Arthrophytum longibracteatum* Eug.Kor. представляет собой малоизученный вид рода *Arthrophytum*, который произрастает в экстремальных условиях аридных регионов [1-6]. Этот вид, как и другие представители рода, обладает уникальными адаптивными механизмами, позволяющими ему выживать в суровых климатических условиях.

Род *Arthrophytum*, к которому принадлежит *A. longibracteatum*, известен своими биологически активными соединениями. Исследования других видов этого рода, таких как *A. scoparium* и *A. schmittianum*, выявили наличие соединений с антиоксидантными, антимикотическими, противовоспалительными и нейропротекторными свойствами [7-9]. Эти результаты открывают перспективы для поиска аналогичных или уни-

кальных компонентов в *A. longibracteatum*, что может привести к разработке новых лекарственных препаратов.

Изучение *A. longibracteatum* имеет большое значение для разработки новых подходов к лечению различных заболеваний, включая нейродегенеративные заболевания, диабет и кожные инфекции [10-12]. В условиях растущей устойчивости к антибиотикам поиск новых природных источников лекарственных средств становится все более актуальным. Галофиты, произрастающие в экстремальных условиях, часто обладают уникальными химическими составами, которые могут быть использованы в фармацевтической промышленности [13-15].

Исследование лекарственных растений, таких как *A. longibracteatum*, также открывает новые экономические возможности в сельском хозяйстве и фармацевтическом производстве.

Разработка технологий выращивания и производства лекарственных растений может способствовать развитию национальной экономики и созданию новых рабочих мест. Кроме того, использование природных ресурсов для производства лекарственных средств может снизить зависимость от синтетических препаратов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Биологические особенности *A. longibracteatum*, произрастающего в предгорной зоне Бугаты, представляют значительный научный и практический интерес. Условия произрастания в этой зоне характеризуются резкими колебаниями температур, низкой влажностью и каменистыми почвами. Адаптация к этим условиям могла привести к развитию уникальных морфологических и анатомических особенностей, которые могут быть использованы в качестве диагностических признаков.

Целью данной исследовательской работы является изучение морфологических и анатомических диагностических признаков листьев *A. longibracteatum*.

Для достижения этой цели были проведены макроскопические и микроскопические исследования листьев растения. Макроскопическое исследование позволило определить общую форму и размеры листьев, а также их текстуру и цвет. Микроскопическое исследование позволило изучить анатомическое строение листьев, включая структуру эпидермиса, мезофилла и проводящей системы.

### Материалы и методы исследования

Материал исследования был собран в предгорной зоне Бугаты в стадии цветения в 2024 году. В процессе исследования были использованы классические ботанические методы (маршрутно-ориентировочный, эколого-систематический, эколого-географический).

Для определения собранных материалов использовались фундаментальные сводки «Флора Казахстана» (1956–1966), «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» (1969; 1972), «Определитель Средней Азии и Казахстана» (1968–1993) [2–6], и для проверки номенклатуры и таксономического статуса *A. longibracteatum* идентификация проводилась с использованием международных онлайн-баз данных IPNI (International Plant Names Index) и POWO (Plants of the World Online). Для морфологического

анализа были сделаны подробные фотографии диагностических структур под микроскопом с использованием цифровой камеры. Растение изучалось с использованием традиционных методов геоботанических исследований [16–18].

Перед выполнением анатомических срезов растения необходимо правильно собрать материал из исследуемой территории. Поскольку от качества собранного материала напрямую зависят получаемые результаты. Необходимо точно знать вид растения, подлежащий сбору, так как в случае ошибки и сбора другого вида полученные результаты будут недостоверными. При фиксации растений могут использоваться различные фиксирующие вещества. Среди них самым простым и удобным является 40%-ный спирт. Спиртовой фиксатор, по сравнению с другими, быстрее проникает в клетки растения.

Что касается порядка сбора растения, то при наличии достаточного времени рекомендуется помещать каждый орган растения отдельно. Однако при ограниченном времени допускается помещать растение целиком, не разделяя его на части, в одну емкость. Следует отметить, что перед фиксацией растение необходимо очистить от почвы и промыть. Емкость для фиксации должна быть герметичной, не пропускающей воздух.

Поперечные срезы стебля растения были приготовлены из фиксированного вручную сырья с помощью замораживающего микротомы ОЛ-ЗСО 30 (ИНМЕДПРОМ, Россия) в соответствии с общепринятой методикой (Фармокопея РК издание 1, 2008) [19].

Срезы накрывались покровным стеклом и изучались при увеличении  $\times 180$  с помощью микроскопа MC-300 (№008544, Breitenfurter Strasse 38, A-1120 Vienna, Austria), установленного в лабораторном кабинете №15 кафедры ботаники и агроэкологии. При составлении описаний использовалась общепринятая терминология (Вехова, 1980; Мухидинова, 1993 и др.) [20–23].

Микрофотографии были выполнены на микроскопе MC-300 (№008544, Breitenfurter Strasse 38, A-1120 Vienna, Austria). Для морфометрических анализов проводилась статистическая обработка данных. Статистическая обработка морфометрических показателей осуществлялась по методике Г. Ф. Лакина (1990) [24].

### Результаты исследования и их обсуждение

*Arthrophytum longibracteatum* – саксаульчик длинноприцветниковый, род *Arthrophytum*

Schrenk. (саксаульчик), входивший в семейство *Chenopodiaceae* Less. (маревые). Ареал семейства включает степные и пустынные районы Центральной Азии [1]. Виды *Arthrophytum* являются галофитами и представляют собой шарообразные или подушковидные стелющиеся кустарники высотой 0,3-2,0 м. *Arthrophytum* – это род растений, включающий около 20 видов, из которых 8 произрастают в Казахстане (рисунок 1). Это низкие полукустарники или кустарнички, отличающиеся разнообразными морфологическими особенностями, включая цветки, листья и стебли [25-28]. А несколько видов рода *Arthrophytum* (*A. balchaschense*, *A. iliense* и *A. longibracteatum*) характерных для Джунгаро-Туранской пустынной зоны, демонстрируют реликтовый характер, аналогичный другим джунгаро-туранским родам (*Nanophyton*, *Petrosimonia*, *Londesia*, *Camphorosma* и *Ceratocarpus*) [29]. *A. longibracteatum* произрастает на крайне аридных щебнисто-галечниковых почвах пологоволнистых равнин. Вид образует сообщества совместно с *Arthrophytum iliense* [30]. Коровин Е.П., Б.А. Миронов в своих работах написали схожие виды *A. longibracteatum* к видам *A. subulifolium* и в особенности к *A. lehmannianum* [31].

В ходе экспедиции мы более подробно ознакомились с *Arthrophytum longibracteatum*, изучили его морфологические особенности в естественной среде (рисунок 1). Рассматриваемое растение относится к числу ключевых элементов древних пустынных флористических комплексов и отличаются наличием специфических морфофизиологических, анатомических и биохимических адаптаций, способствующих их выживанию в условиях жесткого аридного климата.

Несмотря на высокий адаптационный потенциал и экологическую значимость представителей рода *Arthrophytum* [32], данные растения до настоящего времени остаются недостаточно изученными, особенно в фитохимическом аспекте. Это обусловлено сложностью их видовой идентификации и редкостью природных популяций. Получение и анализ сведений о составе вторичных метаболитов данного вида имеют важное значение для углубления представлений о механизмах его адаптации к экстремальным условиям среды, а также для выявления перспективных природных антиоксидантов и терпеновых соединений с потенциальным фармакологическим применением.



Рисунок 1 – Местообитания *Arthrophytum longibracteatum*

### 3.1. Макроскопия листьев

*A. longibracteatum* – полукустарничек, иногда образующий рыхлые подушки. Листья располагаются на стебле противоположно. *A. longibracteatum* имеют редуцированные, чешуевидные, сидячие листья, характерные для ксеро-галофитных растений. Их концы заострён-

ные, немного изогнутые, а длина варьируется от 8 до 12 мм (рис.2). Листья в основании расширенные, цилиндрически-шиловидные, острые, слегка согнутые. По длине листья практически однородны, а средняя толщина листьев составляет  $50,8 \pm 4,3$  мкм (рис.2). Суккулентные листья *A. longibracteatum* утолщенные и имеют серо-

зеленой до сизовой окраской, отражая адаптацию повышенной соляной среде и дефициту влаги. Плотная кутикула в поверхности листа с матовым оттенком, помогает снижать транспирацию. Слабо выраженное жилкование, внешне практически неопределяемая центральная жилка указывают на ограниченном фотосинтетической функцией листьев. Зеленые членистые побеги встречаются у взрослых растений и фотосинте-

тическая активность смещена на побеги. А листья преимущественно ответственны на защитную и регуляторную функции. Совокупность признаков – редукция листовой поверхности, сидячие расположение и дегенерация проводящей ткани у листа – отражает развитый адаптивный комплекс на условия аридных и засоленных местообитаний и утверждает суккулентность галофитного растения *A. longibracteatum*.



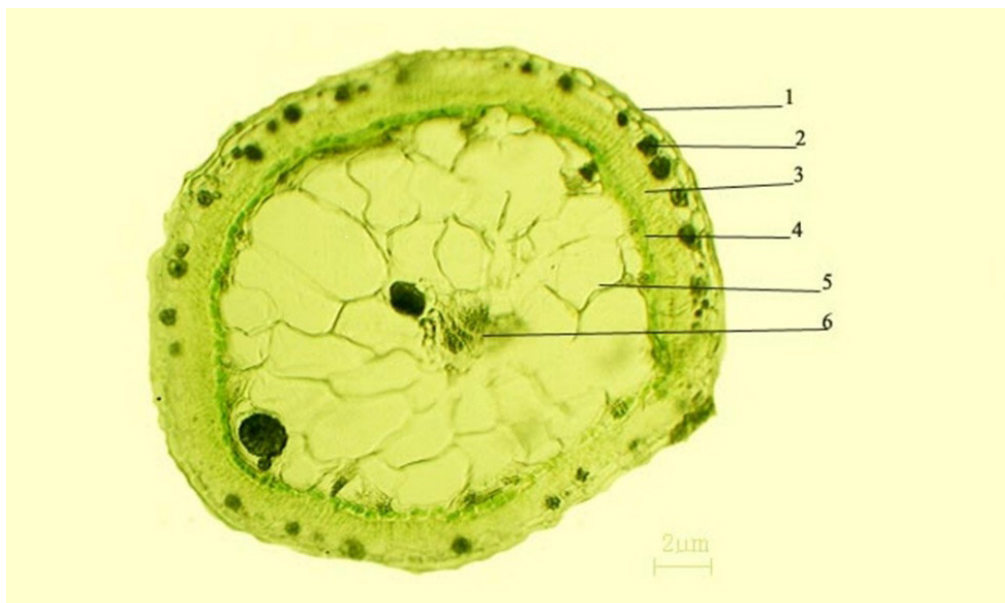
Рисунок 2 – Макроскопия листьев *Arthrophytum longibracteatum*

## 1.2. Микроскопия листьев *Arthrophytum longibracteatum*

В зависимости от солеустойчивости и потребности в соли галофиты подразделяются на облигатные и факультативные. Облигатные галофиты требуют наличия солей для нормального роста и развития, что обуславливает их распространение в специфических солончаковых и аридных экосистемах. Большинство видов семейства *Chenopodiaceae* относятся именно к этой группе, что подчёркивает их адаптационные механизмы к высоким солевым концентрациям в среде и их значимость для формирования устойчивых растительных сообществ в условиях солончаков и полупустынь.

Лист *A. longibracteatum* при поперечном срезе имеет округлую форму. Эпидерма однорядная, наружные стенки толстостенные, извилистые.

Ассимиляционная ткань листа Kranz-центрическая. Почти все клетки гиподермы заполнены мелкими друзами оксалата кальция. Палисадная паренхима хорошо развита с обеих сторон листа, формируя однорядный плотных слой клеток. Клетки палисадной паренхимы крупные, удлинённые. Толщина палисадной паренхимы составляет  $2,75 \pm 0,9$  мкм. Благодаря высокому содержанию хлоропластов, мезофилл имеет насыщенный зелёный оттенок и часто называется хлоренхимой. Палисадные клетки, имеющие форму колонок или кирпичей, компактно расположены под эпидермисом, где сосредоточено около трёх четвертей всех хлоропластов, что обеспечивает интенсивный фотосинтез. Кранц обкладка (корончатый мезофилл) листа сплошная (табл.1).



**Рисунок 3** – Микроскопия листа *Arthrophytum longibracteatum* (x10)  
1 – эпидерма, 2 – гиподерма, 3 – палисадный мезофилл, 4 – Kranz-обкладка,  
5 – водозапасающая ткань, 6 – склеренхима, 7 – флоэма, 8 – ксилема

В центральной части располагается водозапасающая паренхима, которая состоит из 3-4 рядов крупных, округлых, довольно толстостенных клеток (рис. 3). В клетках водозапасающей паренхимы обнаружены друзы оксалата кальция больших размеров толщина составила  $4,06 \pm 3$  мкм.

Водозапасающие клетки (суккулентные ткани) играют ключевую роль в адаптации растений к аридным условиям, аккумулируя воду и обеспечивая её постепенное использование для поддержания тургора, фотосинтеза и метаболических процессов. Это позволяет растениям снижать скорость обезвоживания и сохранять жизнеспособность в периоды дефицита влаги.

Галофиты, в свою очередь, демонстрируют различные стратегии адаптации к солёной среде. В зависимости от солеустойчивости и потребности в соли они подразделяются на облигатные и факультативные. Облигатные виды требуют наличия солей для полноценного роста и развития, что обуславливает их распространение в специфических солончаковых и аридных экосистемах. Большинство представителей семейства *Chenopodiaceae* относится именно к этой группе, что подчёркивает их значимость для формирования устойчивых растительных сообществ.

Тип фотосинтеза также оказывает существенное влияние на экологическую адап-

тацию растений. У *A. longibracteatum* наблюдается пространственное разделение светозависимых и темновых стадий фотосинтеза, сопровождающееся характерной Kranz-анатомией листа. Внутренний и внешний слои клеток обкладки и мезофилла обеспечивают высокую эффективность фотосинтеза даже при закрытых устьицах, что предотвращает потери воды. Кроме того, продукты фотосинтеза у C4-растений транспортируются быстрее и полнее, чем у C3-видов, что дополнительно повышает их продуктивность в экстремальных условиях.

Для *A. longibracteatum* наличие C4-фотосинтеза является важным адаптационным механизмом: он обеспечивает положительный баланс синтеза органических веществ даже в условиях высокой температуры, засухливости и повышенной солёности. В сочетании с водозапасающими тканями и солевой толерантностью, этот тип фотосинтеза позволяет растениям сохранять физиологическую активность и продуктивность в аридных и солончаковых экосистемах, способствуя их выживанию и устойчивости растительных сообществ.

Водозапасающая паренхима окружает главную жилку. Главная жилка с мощной местомной обкладкой, но не окружена полностью (рис. 3).

Таблица 1 – Морфометрические особенности листьев

№	Анатомические признаки	M ±m, мкм
1	Толщина эпидермы	1,27 ±0,5
2	Ширина водозапасающих клеток	5,3 ±1,2
3	Толщина палисадного мезофилла	2,75 ±0,9
4	Толщина клеток кранц-обкладки	1,17 ±0,4
5	Толщина слоя ксилемы	1,6 ±0,8
6	Толщина слоя флоэмы	2,0 ±1,0
7	Диаметр друз в клетках водозапасающей паренхимы	4,06 ±3,0
8	Диаметр друз в клетках гиподермы	1,3 ±0,8
9	Толщина склеренхимной обкладки сосудистого пучка	3,07 ±0,5

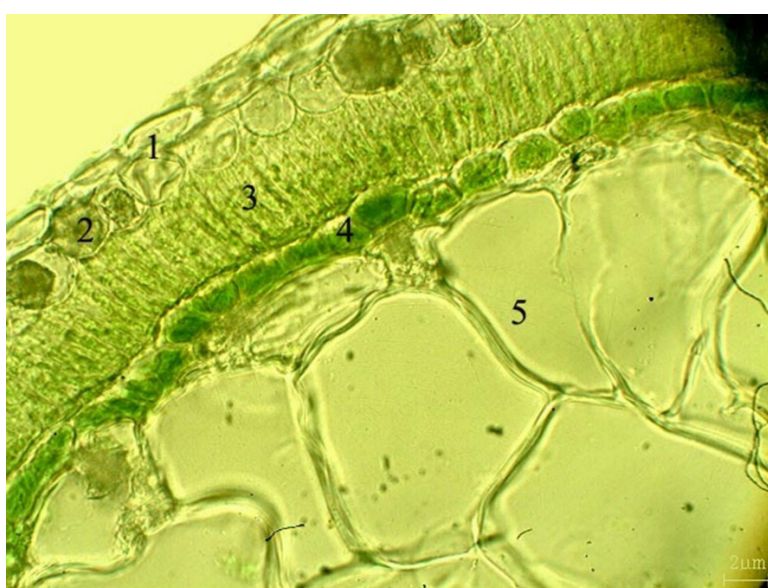


Рисунок 4 – Анатомическое строение мезофила листа (x40)

1 – эпидерма, 2 – друзы, 3 – палисадные клетки, 4 – кранц-обкладка, 5 – водозапасающая паренхима

Эпидермис листа представлен одним рядом мелких клеток с утолщёнными стенками и округлым очертанием. Устьичные аппараты погруженные, относятся к парацитному типу. При поперечном сечении листа измеренная толщина верхнего эпидермиса равна  $0,88 \pm 0,38$  мкм, а нижнего –  $1,3 \pm 1,4$  мкм.

На поверхностных препаратах основные клетки адаксиальной и абаксиальной поверхности листа – прямоугольной формы прямостенные с утолщенными стенками.

Результаты исследований показали, что ассимиляционная ткань листьев *A. longibracteatum* относится к изолатерально-палисадному типу (рис. 4). Палисадные клетки расположены в

один ряд. На верхнем и нижнем эпидермисе листьев обнаружены устьица парацитного типа. В основных тканях листьев присутствуют минеральные кристаллы-друзы различного размера. Проводящая ткань листьев демонстрирует утолщенную структуру, характерную для хасмофитов.

Эти анатомические особенности отражают адаптацию *A. longibracteatum* к условиям произрастания. Рыхлое расположение палисадных клеток может способствовать эффективному фотосинтезу в условиях низкой освещенности. Наличие устьиц парацитного типа может обеспечивать эффективный газообмен при ограниченном доступе к воде (рис. 5). Минеральные

кристаллы- друзы могут играть роль в регуляции водного баланса и защите от стрессовых факторов [33-35]. Утолщенная проводящая ткань мо-

жет обеспечивать эффективное транспортирование воды и питательных веществ в условиях каменистых почв.



Рисунок 5 – Строение эпидермиса листа *Arthropytum longibracteatum* (x40)

1 – эпидерма, 2 – друза, 3 – мезофильные клетки

Таким образом, исследование морфологических и анатомических диагностических признаков *A. longibracteatum* позволило выявить уникальные особенности этого вида, которые могут быть использованы для его идентификации и классификации. Дальнейшие исследования химического состава и фармакологических свойств *A. longibracteatum* могут привести к разработке новых лекарственных препаратов и расширению экономических возможностей в сельском хозяйстве и фармацевтическом производстве.

### Заключение

Листья *A. longibracteatum* имеют высокоспециализированное крапцевое строение с элементами суккулентности (водозапасающая паренхима) и склероморфоза (механическая обкладка главной жилки). Определены диагностические признаки сырья *A. longibracteatum* на макроскопическом и микроскопическом уровне:

- прицветные листья шиловидно-колючие, острые, слегка согнутые;
- ассимиляционная ткань листа крапцевая;
- главная жилка с мощной местомной обкладкой;
- наличие друз больших размеров в водозапасающих тканях и маленьких размеров в гиподерме;
- для поверхностного препарата листа форма клеток эпидермиса с верхней и нижней стороны имеют более одинаковую прямоугольную форму и стенки клеток прямые;
- типы устьиц – парацитные;
- трихомы отсутствуют.

В заключение, изучение *A. longibracteatum* представляет собой важный шаг в исследовании лекарственных растений и открывает новые перспективы для использования природных ресурсов в медицине и экономике.

## Литература

1. Osmonali B. B. et al. A new endemic species of the genus *Haloxylon* Bunge ex Fenzl. (Amaranthaceae s.l.) in the flora of Kazakhstan. – 2024.
2. Иллюстрированный справочник растений Казахстана. В 2 т. – Алма-Ата, 1969, 1972.
3. Определитель растений Средней Азии. В 10 т. – Ташкент, 1968–1993.
4. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и соседних стран (в пределах бывшего СССР). – Санкт-Петербург, 1995.
5. Aralbaev N.K. A new floristic zoning scheme of Kazakhstan (materials for the second edition of Flora of Kazakhstan) // Poisk. Series of Technical and Natural Sciences. – 2002. – P. 66–72.
6. Флора Казахстана. – Т. 1-9. – Алма-Ата, 1956-1966.
7. Belabdeli F. et al. Phytoconstituents effects of traditionnaly herbes on dissolution and inhibition of kidney stones (caox) // Farmacia. – 2023. – Т. 71. – №. 6. – С. 1224-1231.
8. Othman M. B., Neffati M., Isoda H. Evaluation of the anti-stress effects of five Tunisian aromatic and medicinal plants in vitro // Journal of Herbal Medicine. – 2021. – Т. 27. – С. 100238.
9. Dif M. M. et al. Phytochemical study of phenolic compounds and biological activities of *Arthrophytum schmittianum*. – 2022.
10. Smach M. A. et al. *Arthrophytum scoparium* Extract Improves Memory Impairment and Affects Acetylcholinesterase Activity in Mice Brain // Current Pharmaceutical Biotechnology. – 2020. – Т. 21. – №. 6. – С. 480-487.
11. Tair K. et al. Aluminium-induced acute neurotoxicity in rats: Treatment with aqueous extract of *Arthrophytum* (*Hammadascoparia*), J // Acute Dis. – 2016. – Т. 5. – С. 470-482.
12. Kaddour S. M. et al. Acute, sub-acute and antioxidant activities of *Arthrophytum scoparium* aerial parts // International journal of pharmaceutical sciences and research. – 2019. – Т. 10. – №. 9. – С. 4167-4175.
13. Custódio L., Garcia-Caparrós P., Pereira C.G., Castelo-Branco P. Halophyte plants as potential sources of anticancer agents: A comprehensive review // Pharmaceutics. – 2022. – Vol. 14, № 11. – Article 2406. – DOI: 10.3390/pharmaceutics14112406.
14. Ksouri R. et al. Medicinal halophytes: Potent source of health-promoting biomolecules with medical, nutraceutical, and food applications // Critical Reviews in Biotechnology. – 2012. – Vol. 32, № 4. – P. 289–326. – DOI: 10.3109/07388551.2011.630647.
15. Lopes M. et al. Halophytes as source of bioactive phenolic compounds and their potential applications // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2023. – Vol. 63, № 8. – P. 1078–1101. – DOI: 10.1080/10408398.2021.1959295.
16. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М., 1997. – 60 с.
17. Карамышева З.В., Рачковская Е.И. Опыт крупномасштабного геоботанического картографирования (на примере растительности юго-западной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника) // Принципы и методы геоботанического картографирования. – М. – Л., 1962. – 6 с.
18. Сочава В.Б. Геоботаническое картографирование // Классификация растительности как иерархия динамических систем. – Ленинград, 1972. – С.3–38.
19. Фармакопея Республики Казахстан. 2-е изд. Астана: Министерство здравоохранения Республики Казахстан; 2021.
20. Вехов В.Н., Лотова Л.И., Филин В.Р. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. М., Издательство МГУ, – 1980. 196 с.
21. Эзау. Анатомия семенных растений. – М.: Мир, 1980. – Т. 1,2. – С. 2-558.
22. Мухитдинов Н., Бегенов Ә., Айдосова С., Әсімдіктер морфологиясы мен анатомиясы /оқулық/ – Алматы. – Республикалық баспа кабинеті. – 1993 ж. – 340 бет.
23. Серебрякова Т.И., Воронин Н.С., Еленевский и др. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений: Учеб. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 543 с.
24. Лакин Г.Ф. Биометрия // Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 1990.- 352 с.
25. Степанова Н. Ю., Сафронова И. Н. *Arthrophytum lehmannianum* (Chenopodiaceae) – новый вид для флоры России // Ботанический журнал. – 2019. – Т. 104. – №. 5. – С. 811-814.
26. Поляков П.П. Род *Arthrophytum* Schrenk. // Флора Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. – Т. 3. – С. 299-302
27. Лавренко Е.М. Основные черты ботанической географии пустынь Евразии и Северной Африки. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 168 с.
28. Гуреева И.И., Балашова В.Ф. Типовые образцы *Chenopodiaceae* Vent. в Гербарии им. П. Н. Крылова (ТК) // Систематические заметки по материалам Гербария им. П. Н. Крылова Томского государственного университета. – 2013. – № 108. – С. 3-12.
29. Grubov V. I. Plants of Central Asia: plant collections from China and Mongolia. Volume 2: *Chenopodiaceae*. – 2000.
30. Sultanova B. M. et al. Spatial structure of vegetation cover of Sharyn SNNP // Eurasian J. Ecol. – 2020. – Т. 65. – С. 38-50.
31. Коровин Евгений Петрович, Б. А. Миронов. Обзор рода *Arthrophytum* Schrenk и его положение в системе (Review of the genus *Arthrophytum* Schrenk and the position of that genus in the system): Труды Среднеазиатского государственного университета. Серия 8-б. Ботаника, Выпуск 29, Результаты Бетпак-Далинской экспедиции Среднеазиатского государственного университета выпуск- 1935.
32. Arya, S.S.; Devi, S.; Ram, K.; Kumar, S.; Kumar, N.; Mann, A.; Chand, G. Halophytes: The plants of therapeutic medicine. In *Ecophysiology, Abiotic Stress Responses and Utilization of Halophytes*; Springer: Singapore, 2019; pp. 271–287.

33. Zhang Y., Mutailifu A., Lan H. Structure, development, and the salt response of salt bladders in *Chenopodium album* L // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Т. 13. – С. 989946.
34. Zhao C. et al. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity // *The innovation*. – 2020. – Т. 1. – №. 1.
35. Flowers T. J., Colmer T. D. Salinity tolerance in halophytes // *New phytologist*. – 2008. – С. 945-963.

## References

1. Aralbaev, N. K. (2002). A new floristic zoning scheme of Kazakhstan (materials for the second edition of Flora of Kazakhstan). Poisk. Series of Technical and Natural Sciences, 66–72.
2. Arya, S. S., Devi, S., Ram, K., Kumar, S., Kumar, N., Mann, A., & Chand, G. (2019). Halophytes: The plants of therapeutic medicine. In *Ecophysiology, Abiotic Stress Responses and Utilization of Halophytes* (pp. 271–287). Springer, Singapore.
3. Belabdeli, F., et al. (2023). Phytoconstituent effects of traditionally used herbs on dissolution and inhibition of kidney stones (CaOx). *Farmacia*, 71(6), 1224–1231.
4. Berlant, A. M. (1997). *Geoinformation mapping*. Moscow. 60 p.
5. Cherepanov, S. K. (1995). *Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)*. Saint Petersburg.
6. Custódio, L., Garcia-Caparrós, P., Pereira, C. G., & Castelo-Branco, P. (2022). Halophyte plants as potential sources of anticancer agents: A comprehensive review. *Pharmaceutics*, 14(11), Article 2406. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14112406>
7. Dif, M. M., et al. (2022). Phytochemical study of phenolic compounds and biological activities of *Arthrophytum schmittianum*.
8. Esau, K. (1980). *Anatomy of seed plants* (Vols. 1–2). Moscow: Mir.
9. Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 179, 945–963.
10. Flora of Kazakhstan (1956–1966). Vols. 1–9. Alma-Ata.
11. Grubov, V. I. (2000). *Plants of Central Asia: Plant collections from China and Mongolia*. Volume 2: *Chenopodiaceae*.
12. Gureeva, I. I., & Balashova, V. F. (2013). Type specimens of *Chenopodiaceae* Vent. in the P. N. Krylov Herbarium (TK). *Systematic Notes on Materials of the P. N. Krylov Herbarium*, 108, 3–12.
13. *Illustrated guide to plants of Kazakhstan* (1969, 1972). Vols. 1–2. Alma-Ata.
14. *Identifier of plants of Central Asia* (1968–1993). Vols. 1–10. Tashkent.
15. Kaddour, S. M., et al. (2019). Acute, sub-acute and antioxidant activities of *Arthrophytum scoparium* aerial parts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(9), 4167–4175.
16. Karamysheva, Z. V., & Rachkovskaya, E. I. (1962). Large-scale geobotanical mapping of vegetation in Central Kazakhstan. In *Principles and methods of geobotanical mapping* (pp. 1–6). Moscow–Leningrad.
17. Korovin, E. P., & Mironov, B. A. (1935). Review of the genus *Arthrophytum* Schrenk and its systematic position. *Proceedings of the Central Asian State University, Series 8-b, Botany, Issue 29*.
18. Ksouri, R., et al. (2012). Medicinal halophytes: Potent sources of health-promoting biomolecules. *Critical Reviews in Biotechnology*, 32(4), 289–326. <https://doi.org/10.3109/07388551.2011.630647>
19. Lakin, G. F. (1990). *Biometrics* (4th ed.). Moscow: Vysshaya Shkola. 352 p.
20. Lavrenko, E. M. (1962). *Botanical geography of deserts of Eurasia and North Africa*. Moscow–Leningrad. 168 p.
21. Lopes, M., et al. (2023). Halophytes as sources of bioactive phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(8), 1078–1101. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1959295>
22. Mukhitdinov, N., Begenov, A., & Aidosova, S. (1993). *Plant morphology and anatomy*. Almaty. 340 p.
23. Osmonali, B. B., et al. (2024). A new endemic species of the genus *Haloxylon* Bunge ex Fenzl (Amaranthaceae s.l.) in Kazakhstan.
24. Othman, M. B., Neffati, M., & Isoda, H. (2021). Anti-stress effects of Tunisian medicinal plants in vitro. *Journal of Herbal Medicine*, 27, 100238.
25. *Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan* (2021). 2nd ed. Astana: Ministry of Health.
26. Polyakov, P. P. (1960). Genus *Arthrophytum* Schrenk. In *Flora of Kazakhstan* (Vol. 3, pp. 299–302).
27. Smach, M. A., et al. (2020). *Arthrophytum scoparium* extract improves memory impairment. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 21(6), 480–487.
28. Sochava, V. B. (1972). Geobotanical mapping. In *Classification of vegetation as a hierarchy of dynamic systems* (pp. 3–38). Leningrad.
29. Stepanova, N. Yu., & Safronova, I. N. (2019). *Arthrophytum lehmannianum* – a new species for the flora of Russia. *Botanical Journal*, 104(5), 811–814.
30. Sultanova, B. M., et al. (2020). Vegetation structure of Sharyn State National Natural Park. *Eurasian Journal of Ecology*, 65, 38–50.
31. Tair, K., et al. (2016). Aluminium-induced neurotoxicity treated with *Arthrophytum* extract. *Journal of Acute Disease*, 5, 470–482.
32. Vekhov, V. N., Lotova, L. I., & Filin, V. R. (1980). *Practicum on anatomy and morphology of higher plants*. Moscow. 196 p.
33. Zhang, Y., Mutailifu, A., & Lan, H. (2022). Salt bladders in *Chenopodium album*. *Frontiers in Plant Science*, 13, 989946.
34. Zhao, C., et al. (2020). Plant responses and adaptation to soil salinity. *The Innovation*, 1(1).
35. Serebryakova, T. I., Voronin, N. S., & Elenevsky, A. G., et al. (2006). *Botany with fundamentals of phytocoenology: Plant anatomy and morphology*. Moscow: Akademkniga. 543 p.

**Сведения об авторах:**

А.Е. Нұрманбек – докторант 1-курса обучения кафедры биоразнообразия и биоресурсов КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: aydyn.nurmanbek@gmail.com).

Н.З. Ахтаева – профессор кафедры биоразнообразия и биоресурсов КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: akhtaeva@mail.ru).

Л.Н. Киекбаева – доцент кафедры фармацевтической технологии, школы фармации, Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова (Алматы, Казахстан, e-mail: lashynk@mail.ru).

**Information about the authors:**

A.E. Nurmanbek – 1st-year PhD student, Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan; e-mail: aydyn.nurmanbek@gmail.com)

N.Z. Akhtaeva – Professor, Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan; e-mail: akhtaeva@mail.ru)

L.N. Kiyekbayeva – Associate Professor, Department of Pharmaceutical Technology, School of Pharmacy, Asfendiyarov Kazakh National Medical University (Almaty, Kazakhstan; e-mail: lashynk@mail.ru)

**Авторлар туралы мәлімет:**

А.Е. Нұрманбек – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының 1-курс докторанты (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: aydyn.nurmanbek@gmail.com)

Н.З. Ахтаева – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: akhtaeva@mail.ru)

Л.Н. Киекбаева – С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Фармация мектебі, фармацевтикалық технология кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: lashynk@mail.ru)

Поступило 27 апреля 2025 года

Принято 20 ноября 2025 года