



МРНТИ 34.29.01

<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-149-4-36-49>

Научная статья

Результаты сравнительных анатомических исследований видов рода *Suaeda* Forssk. ex J.F. Gmel. аридных регионов Казахстана

С. Усен*^{1,2}, П.В. Веселова¹, Г.М. Кудабаяева¹, Б.Б. Осмонали¹, К.С. Избастина^{3,4}, Д.Ш. Абдилданов^{1,2}

¹Институт ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

⁴Астанинский ботанический сад-филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции», г. Астана, Казахстан

*Автор для корреспонденции: ussen.s@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования анатомических структур видов рода *Suaeda* Forssk. ex J.F. Gmel., произрастающих в аридных зонах Казахстана. Рассматриваются анатомические особенности строения листьев и стеблей следующих видов: *Suaeda altissima* (L.) Pall., *S. acuminata* (C.A. Mey.) Moq., *S. linifolia* Pall., *S. physophora* Pall. и *S. microphylla* Pall. Анатомическое строение листьев суккулентных растений, в частности, свед (*Suaeda*), значительно отличается от строения несуккулентов. Результаты изучения анатомического строения листьев перечисленных видов свидетельствуют, что, как и большинство представителей рода *Suaeda*, они относятся к типу сальзина (Salsina-type). При описании анатомических срезов были проведены биометрические исследования. Суккулентный характер галофитных представителей рода обусловлен их способностью накапливать воду в виде сока в надземной части во время сезона дождей. Это позволяет им довольно длительное время обходиться без поступления влаги извне. Влага накапливается преимущественно в стеблях или в листьях. В первом случае растения называются стеблевыми, а во втором листовыми суккулентами. Характерным признаком анатомического строения листа изучаемых видов является расположение палисадного мезофилла под покровной тканью, клетки которого имеют продолговатую форму. Актуальность изучения рода *Suaeda* обусловлена принадлежностью их к группе важных галофитных компонентов флоры как пустынных, так и степных регионов. Среди них имеются лекарственные (*Suaeda microphylla* Pall.), кормовые (*S. altissima* (L.) Pall.) растения. Виды *S. linifolia*, *S. acuminata* довольно часто сорничают и могут быть индикаторами антропогенных нарушений.

Ключевые слова: анатомия, лист, стебель, *Suaeda*, *Chenopodiaceae*, *Suaedoideae*

Получено: 02.04.2024. Рецензирование: 09.12.2024. Принято: 11.12.2024. Доступно онлайн: 20.12.2024.

Введение

Представители рода *Suaeda* Forssk. ex J.F. Gmel. семейства Chenopodiaceae Vent. (Amaranthaceae Juss.) распространены по всей Средней Азии и встречаются, как правило, в приморских галофитных сообществах. Из 40 среднеазиатских представителей рода [1-10] во флоре Казахстана насчитывается 18 видов, 15 (83%) из которых встречаются в Арало-Балхашском регионе.

Анатомическое строение листьев суккулентных растений, в частности, свед (*Suaeda*), значительно отличается от строения листа видов, не относящихся к этой экологической группе. Анатомическое строение листьев суккулентных растений, в частности, свед (*Suaeda*), значительно отличается от строения несуккулентов. Для них характерна: особая сочность (суккулентность); мясистость; повышенная прозрачность. Форма листьев таких растений обычно цилиндрическая. Это связано отчасти с обилием клеточного сока и бедностью хлорофиллом, отчасти с незначительностью размеров межклеточных пространств [2-6].

Толщина листьев обуславливается преимущественно увеличением размеров клеток мезофилла, которые делаются крупными, округлыми. В отдельных случаях внутренние клетки в результате обеднения хлорофиллом становятся очень светлыми и выполняют функцию водоносной ткани, окруженной палисадными клетками (например *Suaeda linifolia*). При этом палисадная ткань достигает значительного развития. Отдельные клетки ее удлиняются и часто происходит их поперечное деление.

У очень многих видов свед на поверхности эпидермиса присутствует восковой налет, который придает им голубоватый, тусклый цвет [7-8].

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются виды рода *Suaeda* аридных регионов Казахстана. Материалы для анатомического среза обрабатывались в 45% спирте. Для фиксации объекта был использован гистологический парафин в специальных формах размером 15x15 мм. Поперечные срезы образцов производились с помощью «Ротационного полуавтоматического микротом» (MEDITE M530). Толщина поперечного среза составила 40 мкм. Просмотр поперечных срезов осуществлялся с использованием микроскопа Levenhuk Zoom&Joy (Китай). Снимки поперечных срезов были выполнены камерой Levenhuk D740T 5.1 с помощью программы LevenhukLite. Биометрические данные были получены также с использованием данной программы. Среднее число и стандартная ошибка биометрических данных вычислялись с помощью Microsoft Excel с использованием функции анализ данных. При описании анатомической структуры исследуемых образцов учитывались современные анатомические описания близкородственных видов [10-21].

Результаты и их обсуждение

Для проведения сравнительного анатомического анализа были выбраны пять видов рода *Suaeda*: *S. altissima*, *S. acuminata*, *S. linifolia*, *S. physophora* и *S. microphylla*. Для *Suaeda altissima* был сделан анатомический срез стебля, а для остальных четырех видов – анатомические срезы стебля и листьев.

Следует отметить, что рассматриваемые виды рода *Suaeda* относятся к разным секциям: *S. altissima*, *S. linifolia*, *S. microphylla* входят в состав секции *Schanginia*, *S. acuminata* – в секцию *Conosperma*, а *S. physophora* – в секцию *Physophora*. Род *Suaeda* (семейство *Chenopodiaceae*, подсемейство *Suaedoideae*) имеет нескольких структурных типов анатомии листа, в каждом из которых присутствуют Кранц-клетки. Основное отличие разных типов заключается в наличии или отсутствии гиподермы и других структурных единиц (водоносной ткани, кутикулы). Например, анатомическая структура листа *S. linifolia* и *S. physophora* включает: эпидермис (Е), несколько слоев палисадной мезенхимы (М) и сосудистую ткань (VB). А *S. acuminata* имеет гиподерму (Н), покрывающую кранц клеток (Кс), которая окружает сосудистые пучки центрального цилиндра. Лист *S. microphylla* имеет под мезенхимой (М) слой водоносных клеток (Wc), обуславливающих круглую форму листа.

В процессе изучения отмечено, что стебель *S. altissima* на поперечном срезе имеет округлую форму. Клетки эпидермального слоя округло-овальной формы и относительно мелкие располагаются в 1 ряд. За ним в центростремительном направлении расположен кортекс (Сх) – наружная зона стебля, сформированная периферийной частью верхушечной меристемы. Далее следует эндодерма (En) – внутренний однорядный слой плотно сомкнутых паренхимных клеток. Ее клетки имеют продолговато-овальную форму. Под ними расположены сосудистые пучки, представленные ксилемой, окружённые флоэмой. Клетки центрального цилиндра рыхлые, их ткань состоит из крупных вакуолизированных и водоносных клеток (табл. 1).

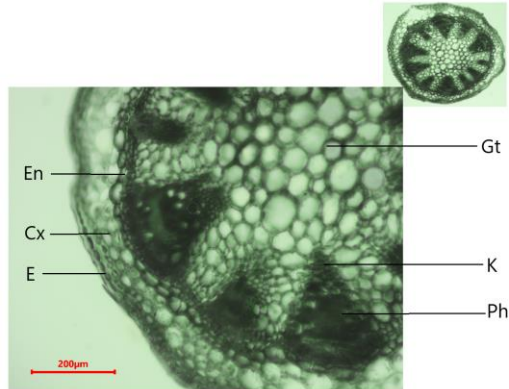
В процессе изучения отмечено, что стебель *S. altissima* на поперечном срезе имеет округлую форму. Клетки эпидермального слоя округло-овальной формы и относительно мелкие располагаются в 1 ряд. За ним в центростремительном направлении расположен кортекс (Сх) – наружная зона стебля, сформированная периферийной частью верхушечной меристемы. Далее следует эндодерма (En) – внутренний однорядный слой плотно сомкнутых паренхимных клеток. Ее клетки имеют продолговато-овальную форму. Под ними расположены сосудистые пучки, представленные ксилемой, окружённые флоэмой. Клетки центрального цилиндра рыхлые, их ткань состоит из крупных вакуолизированных и водоносных клеток.

S. linifolia так же, как и предыдущий вид, относимая к секции *Schanginia*, имеет аналогичное анатомическое строение стебля. Поперечный срез листа показал, что продолговато-овальные клетки его эпидермы, относительно более крупные, чем у других сравниваемых видов, располагаются в 1 ряд. За ней представлен палисадный мезофилл (PM), после которого следует слой водоносных клеток (Wc), окружающего проводящих пучки (VB).

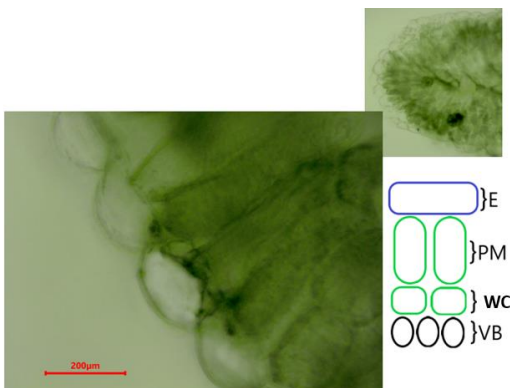
Таблица 1

Анатомическое строение слоев тканей листьев и стебля видов рода *Suaeda*

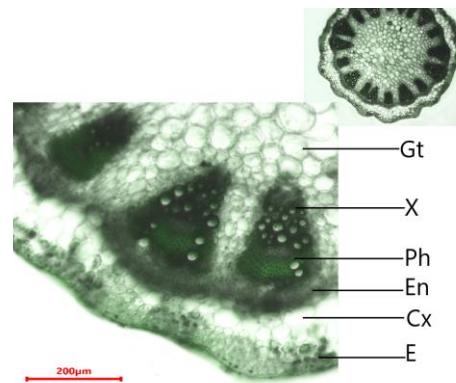
Секция *Schanginia*



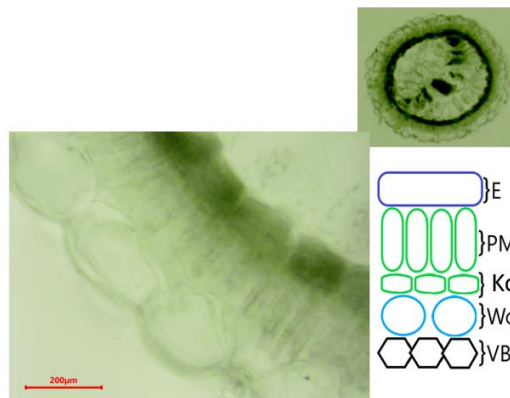
Поперечный срез стебля *Suaeda altissima*



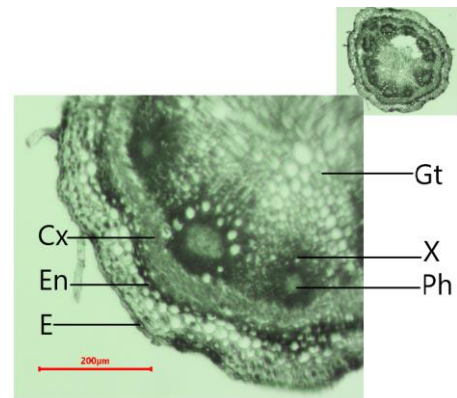
Поперечный срез листа и схема расположения клеток *Suaeda linifolia*



Поперечный срез стебля *Suaeda linifolia*

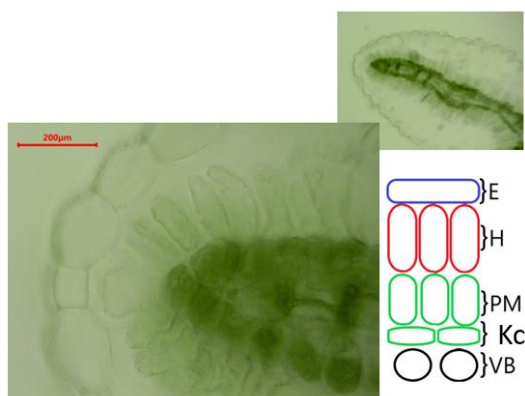


Поперечный срез листа и схема расположения клеток *Suaeda microphylla*

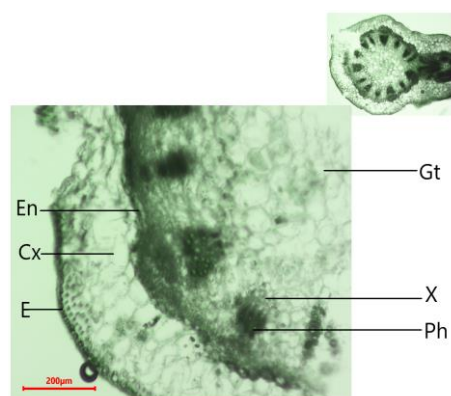


Поперечный срез стебля *Suaeda microphylla*

Секция *Conosperma*

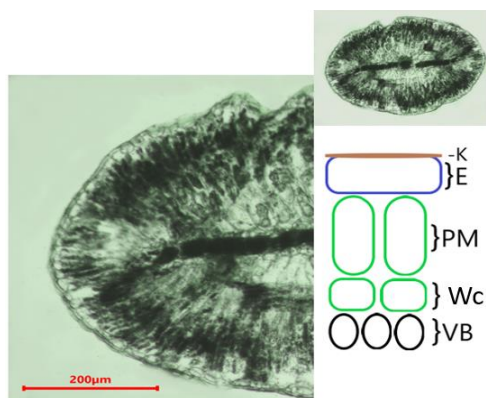


Поперечный срез листа и схема расположения клеток *Suaeda acuminata*

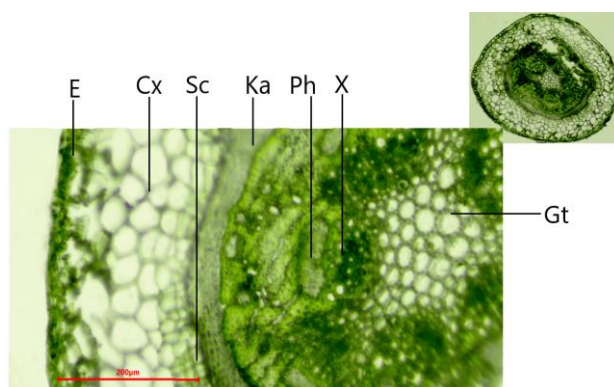


Поперечный срез стебля *Suaeda acuminata*

Секция *Physophora*



Поперечный срез листа и схема расположения клеток *Suaeda physophora*



Поперечный срез стебля *Suaeda physophora*

Обозначение: E – эпидерма; En – эндодерма; PM – палисадный мезофилл; VB – проводящие пучки; H – гиподерма; Wc – водоносная ткань; K – кутикула; Cx – кора (кортекс); Sc – склеренхима; Kc – кранц клетки; Ka – колленхима; Ph – флоэма; X – ксилема; Gt – основная ткань центрального цилиндра, состоящая из измельченной колленхимы, склеренхимы и паренхимы.

Аналогичное строение листа наблюдается у *S. microphylla*, клетки эпидермы которого также продолговато-овальной формы, крупных размеров (как у *S. linifolia*), расположенных в 1 ряд. За эпидермальным слоем следует палисадный мезофилл (PM) с более продолговатыми, чем у остальных видов, клетками, и один слой плотно расположенного кранц-клеток (Kc). Отличия в строении листа *S. microphylla* заключается в расположении проводящих пучков (VB) в виде четкого полукольца. Центральный цилиндр состоит из

водоносных клеток, расположенных по обе стороны от проводящих сосудов полукольца. В поперечном срезе стебля этого вида хорошо выражен слой склеренхимы, окружающий проводящие сосуды и центральную паренхиму. У кустарникового вида, которым является *S. microphylla*, склеренхима выполняет роль стеблевого каркаса. Кроме того, эпидермис стебля несет многоклеточные волоски.

Основное отличие строения сравнительно плоских листьев *S. acuminata* от других изучаемых видов состоит в хорошо выраженном слое гиподермы (Н), расположенном под эпидермой (Е). Далее следуют: палисадный мезофилл (РМ) и слой кранц клеток (Кс), окружающий проводящие пучки (VB). В строении стебля следует обратить внимание на кортекс, клетки которого у *S. acuminata* сравнительно большие и составляют несколько рядов.

Вид *S. physophora* (секция *Physophora*) имеет аналогичную *S. linifolia* структуру строения листа. Отличие состоит в наличии у рассматриваемого вида однорядных вытянутых вдоль эпидермиса клеток кутикулы (К). Каркасную функцию в стебле этого вида, как и у других кустарников этого рода, выполняют слой склеренхимы (Sc) и несколько рядов клеток колленхимы (Ко).

Таблица 2

Биометрические данные слоев тканей стебля видов рода *Suaeda*

| Виды | Е | Сх | Sc | Ка | En | Ph | X | Gt |
|---------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| <i>Suaeda altissima</i> | 24,4 ±0,7 | 65,3 ±3,8 | - | - | 21,84 ±2,3 | 33,7 ±2,8 | 17,7 ±1,2 | 267,3 ±7,3 |
| <i>Suaeda linifolia</i> | 19,6 ±0,9 | 120,3 ±6,67 | - | - | - | 55,6 ±4,2 | 22,3 ±1,9 | 290,8 ±7,3 |
| <i>Suaeda microphylla</i> | 11,8 ±0,5 | 55,2 ±2,7 | 47,9 ±2,5 | - | 10,8 ±0,4 | 26,8 ±1,7 | 18,6 ±0,8 | 202,3 ±5,7 |
| <i>Suaeda acuminata</i> | 17,7 ±1,5 | 214,1 ±2,4 | - | - | 20,1 ±1,5 | 22,6 ±1,3 | 10,4 ±0,64 | 431,5 ±8,6 |
| <i>Suaeda physophora</i> | 32,8 ±2,1 | 120,3 ±4,9 | 43,5 ±2,6 | 41,5 ±1,5 | - | 33,8 ±3,1 | 9,1 ±0,8 | 92,3 ±3,3 |

где: Е – эпидерма; En – эндодерма; РМ – палисадный мезофилл; VB – проводящие пучки; Н – гиподерма; Sc – водоносная ткань; К – кутикула; Сх – первичная кора (кортекс); Sc – склеренхима; Кс – кранц клетки; Ка – колленхима; Ph – флоэма; X – ксилема; Gt – основная ткань центрального цилиндра, состоящая из измельченной колленхимы, склеренхимы и паренхимы.

При описании анатомических срезов листьев и стеблей были проведены биометрические исследования. Из данных таблицы 2 следует, что размеры эпидермиса стеблей изучаемых видов могут варьировать от 11,8 мкм до 32,8 мкм, в то время как слой клеток центрального цилиндра может достигать до 431,5±8,6 мкм (*Suaeda acuminata*). Есть различия и в размерах клеток проводящих пучков. Так, например, среднестатистический размер клеток флоэмы *Suaeda linifolia* составляет 55,6±4,2 мкм, а клеток ксилемы

22,3±1,9 мкм. В строении стебля многолетних свед имеется слой склеренхимы (*Suaeda microphylla* и *S. physophora*) и колленхимы (*S. physophora*), каждый из которых может достигать размера 47,9 мкм.

Анатомическое строение листьев отличается от строения стебля, причем размер клеточных слоев зависит от выполняемой функции. Например, максимальный размер эпидермиса – покровного слоя, расположенного в один ряд, может достигать 36,6±1,2 мкм. Кранц клетки по строению и размеру очень схожи с клетками эпидермиса и достигают 59,3±2,5 мкм толщины. Размер проводящих пучков (в зависимости от их расположения в листовой пластинке и от природы листа) может варьировать от 14,5±0,7 (*Suaeda acuminata*) до 69,3±3,7 мкм (*Suaeda microphylla*). Гиподерма и водоносная ткань отвечают за накопление воды в клетке, поэтому размер их слоев больше других (Н – 138,4±7,3 мкм и Wc – 187,3±12,2 мкм). При анатомическом исследовании рода *Suaeda* однорядная кутикула, покрывающая эпидермис, отмечена только у *Suaeda physophora* которая образует один ряд (около 3,6±0,3 мкм шириной) (табл. 3).

Таблица 3

Биометрические данные слоев тканей листьев виды рода *Suaeda*

| Виды | К | Е | PM | Кс | VB | Wc | Н |
|---------------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|----------------|---------------|
| <i>Suaeda linifolia</i> | - | 23,5 ±1,7 | 109,9 ±5,6 | 34,2 ±1,8 | 30,7 ±2,5 | - | - |
| <i>Suaeda microphylla</i> | - | 37,4 ±2,5 | 43,2 ±1,5 | 22,9 ±1,3 | 69,3 ±3,7 | 187,3 ±12,2 | - |
| <i>Suaeda acuminata</i> | - | 36,6 ±1,2 | 71,1 ±2,5 | 17,4 ±0,9 | 14,5 ±0,7 | - | 138,4 ±7,3 |
| <i>Suaeda physophora</i> | 3,6 ±0,3 | 13,7 ±0,6 | 108,2 ±3,5 | 59,3 ±2,5 | 28,3 ±1,07 | - | - |

где: Е – эпидерма; Еп – эндодерма; PM – палисадный мезофилл; VB – проводящие пучки; Н – гиподерма; Wc – водоносная ткань; К – кутикула; Кс – кранц клетки;

Выводы

Результаты изучения анатомического строения листьев видов: *Suaeda acuminata*, *S. linifolia*, *S. physophora* и *S. microphylla* свидетельствуют, что, как и большинство представителей рода *Suaeda*, они относятся к типам сальзина (*Salsina-type*) и кориспермоид (*Corispermoid-type*). Первый из них характеризуется наличием одного ряда палисадной водоносной паренхимы и кранц клеток, а также периферическими сосудистыми пучками, расположенными в форме полукольца в центре листа. Для второго типа характерно наличие частокольной паренхимы по обе стороны листа и водоносных клеток в средней части. Анатомическая структура некоторых видов отличается от типичного строения наличием гиподермы в листьях или друз под слоем

покровной ткани. Имеются различия строения и на морфологическом уровне (наличие щетинок и др.). Характерным признаком анатомического строения листа изучаемых видов является расположение палисадного мезофилла под покровной тканью, клетки которого имеют продолговатую форму. Они расположены плотно, как правило, в один, иногда в два ряда, а под ними находятся Kranz клетки. Крупные клетки центрального цилиндра водоносной паренхимы имеют округлую форму. Отмечено, что внутренние клетки более бледные из-за отсутствия хлорофилла или наличия его в незначительном количестве. Анатомическая структура стебля изучаемых видов схожа. Отличия имеются только у многолетних кустарников, клетки склеренхимы и колленхимы которых расположены в несколько рядов.

Финансирование

Исследования выполнены в рамках НТП BR23591088 «Создание Кадастра растений Улытауской области как реализация задач Закона РК «О растительном мире» для устойчивого использования ботанических ресурсов региона» (2024–2026) (научный руководитель проекта – к.б.н. Веселова П.В.).

Вклад авторов

Усен С.: разработка концепции, проведение исследования, подготовка и редактирование текста.

Веселова П.В., Кудабаяева Г.М.: редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи для публикации.

Осмонали Б.Б.: проведение исследования, написание текста.

Избастина К.С.: разработка концепции, проведение исследования.

Абдилданов Д.Ш.: разработка концепции, редактирование текста.

Список литературы

1. Barykina R.P., Chubatova N.V. Large workshop on ecological anatomy of flowering plants. M. Tov. nauch. – 2005. – С. 77.
2. Butnik A.A., Ashurmetov O.A., Nigmanova R.N., Payzieva S.A. Ecological anatomy of desert plants in Central Asia. (Half-shrubs, shrubs). Tashkent: Fan – 2001. – Vol. 2. – P. 132.
3. Butnik A.A., Yusupova D.M. Kranz cell size in the family Chenopodiaceae Vent. // Actual problems of ecology of plants. Materials republics. Conf. Tashkent, 2012. – P. 52-55.
4. Carolin R.C., Jacobs S.W.L., Vesk M. Leaf structure in Chenopodiaceae. // Jour. Bot. Jahrb. Syst. – 1975. – Vol. 95 – P. 226-255.
5. Esau K. Anatomy of seed plants. M.: Mir, I. – 1980. – 558 p.
6. Fisher D.D., Schenk H.Y., Jhorsch Y.A., Ferren W.R. Leaf anatomy and Subdenerica affiliations in C3 and C4 species of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America // American jour. of Botany. – 1997. – Vol. 84 (9). – P. 1198-1210.
7. Freitag H., Kadereit G. C3 and C4 leaf anatomy types in Camphorosmeae (Camphorosmoideae, Chenopodiaceae) // Jour. Plant Syst. Evol.: Springer-Verlag, Wien. – 2013. – Vol. 299(8) – P. 121-132.
8. Freitag H., Stichler W. *Bienertia cycloptera* Bunge ex Boiss., Chenopodiaceae, another C4 Plant without Kranz Tissues // Jour. Plant boil.: Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.– 2002. – Vol. 4(1). P. 121-132.

9. Иванова Н.А., Музычко Л.М. Анатомическое строение листьев у растений на засоленных почвах // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 3–8.
10. Поляков П.П., Голоскоков В.П. Род *Suaeda* (Chenopodiaceae) // Флора Казахстана. Т. III. – Алма-Ата, 1960. – С. 262–273.
11. Тайсумов М.А., Абду А.С., Магомадова Р.С., Астамиров М. А. Классификация галофитов терско-кумской низменности по анатомо-физиологическим признакам // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2014. – №1(22). – С. 35–46.
12. Самофалов И.Е., Литвиненко Ю.А., Бурашева Г. Ш. Фитохимическое исследование надземной части сведы мелколистной (*Suaeda microphylla*) // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали другої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції.–Полтава. – 2012. – 161 с.
13. Masters D.G., Rintoul A. J., Dynes R. A., Pearce K. L., & Norman, H. C. Feed intake and production in sheep fed diets high in sodium and potassium // Australian Journal of Agricultural Research. – 2005. – Т. 56. – №. 5. – С. 427-434.
14. Wang Q., He D., Zhang X., Cheng Y., Sun Y., & Zhu J. Insight into bacterial and archaeal community structure of *Suaeda altissima* and *Suaeda dendroides* rhizosphere in response to different salinity level // Microbiology Spectrum. – 2024. – Vol. 12. – №. 1. – P. 23. <https://doi.org/10.1128/spectrum.01649-23>
15. Веселова П. В., Кудабаева Г. М., Муратова Н. Р., Дегтярева О. В. Видовой состав залежей рисовых чеков Кызылординской области (Южный Казахстан) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сборник научных статей по материалам XVI международной научно-практической конференции. - Барнаул. – 2017. – С. 5-8.
16. Wang X. et al. Genus *Suaeda*: Advances in phytology, chemistry, pharmacology, and clinical application (1895–2021) // Pharmacological Research. – 2022. – Vol. 179. – P. 106203. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2022.106203>
17. Mohammed H. A. The valuable impacts of halophytic genus *Suaeda*; nutritional, chemical, and biological values // Medicinal Chemistry. – 2020. – Vol. 16. – №. 8. – P. 1044-1057. <https://doi.org/10.2174/1573406416666200224115004>
18. Altay V., Ozturk M. The genera *Salsola* and *Suaeda* (Amaranthaceae) and their value as fodder // Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture. – 2020. – P. 1-12. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17854-3_97-1
19. Yu, W., Wu, W., Zhang, N., Wang, L., Wang, Y., Wang, B., ... & Wang, Y. Research advances on molecular mechanism of salt tolerance in *Suaeda* // Biology. – 2022. – Vol. 11. – №. 9. – P. 1273. <https://doi.org/10.3390/biology11091273>
20. Alshegaihi R. M. The complete chloroplast genome of the halophyte flowering plant *Suaeda monoica* from Jeddah, Saudi Arabia // Molecular Biology Reports. – 2024. – Vol. 51. – №. 1. – P. 60. <https://doi.org/10.1007/s11033-023-09069-x>
21. Zhang Y., Wang H., Zhang X., Feng Z., Liu J., Wang Y., Liu L. Effects of salt stress on the rhizosphere soil microbial communities of *Suaeda salsa* (L.) Pall. in the Yellow River Delta // Ecology and Evolution. – 2024. – Vol. 14. – №. 9. – P.15. <https://doi.org/10.1002/ece3.70315>

22. Ussen S., Vesselova P. V., Kudabayeva G. M., Kurmanbayeva M. S., Osmonali B. B. Species *Suaeda* Forssk. of the Aral-Balkhash region flora in the collections of the Herbarium (AA) //Bulletin of the Karaganda University "Biology medicine geography Series". – 2024. – Vol. 11429. – №. 2. – P. 76-85. DOI: <https://doi.org/10.31489/2024bmg2/76-85>

С. Үсен^{1,2}, П.В. Веселова¹, Г.М. Кудабаяева¹, Б.Б. Осмонали^{1,2},
К.С. Избастина^{3,4}, Д.Ш. Абдилданов^{1,2}

¹Ботаника и фитоинтродукция Институты, Алматы қ., Қазақстан

²эл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан

⁴Астана ботаникалық бағы-филиал, Ботаника и фитоинтродукция Институты,
Астана қ., Қазақстан

Қазақстанның шөлді өңірлерінің *Suaeda* Forssk. ex J. F. Gmel. тұқымдас түрлерінің салыстырмалы анатомиялық құрылысын зерттеу нәтижелері

Аңдатпа. Мақалада Қазақстанның құрғақаймақтарында өсетін *Suaeda* Forssk ex J. F. Gmel. туыс түрлерінің анатомиялық құрылымдарын зерттеу нәтижелері келтірілген. Келесі түрлердің жапырақтары мен сабақтарының құрылымының анатомиялық ерекшеліктері қарастырылады: *Suaeda altissima* (L.) Pall., *S. acuminata* (C.A. Mey.) Moq., *S. linifolia* Pall., *S. physophora* Pall. және *S. microphylla* Pall. Шырынды өсімдіктердің жапырақтарының анатомиялық құрылымы, атап айтқанда, шырынды (*Suaeda*), шырынды емес құрылымынан айтарлықтай ерекшеленеді. Оларға тән: ерекше шырындылық; етті; жапырақ жасушаларындағы мөлдірліктің жоғарылауы. Мұндай өсімдіктердің жапырақ пішіні әдетте цилиндр тәрізді келеді. Аталған түрлердің жапырақтарының анатомиялық құрылымын зерттеу нәтижелері *Suaeda* туысының көптеген өкілдері сияқты, олар сальзина (*Salsina-type*) типіне жататындығын көрсетеді. Сабақтардың анатомиялық құрылымы нақты түрлердің тіршілік формасы мен экологиясына байланысты. Палисадты мезофиллдің жасушалары ұзын пішінді жабын тінінің астында орналасуы зерттелетін түрлердің жапырақтарының анатомиялық құрылысының сипатты белгісі болып табылады. Жапырақтар мен сабақтардың анатомиялық кесінділерін сипаттау кезінде биометриялық зерттеулер жүргізілді. Туыстың галофит өкілдерінің суккуленттік сипаты олардың жаңбыр маусымы кезінде жер бетіндегі бөлігінде шырын түріндегі суды жинақтау қабілетіне байланысты. Бұл оларға ұзақ уақыт бойы сырттан ылғал түспей тұруға мүмкіндік береді. Ылғал көбінесе сабақтарда немесе жапырақтарда жиналады. *Suaeda* тұқымын зерделеудің өзектілігі олардың флораның маңызды галофиттік компоненттері тобына, шөлді де, далалы да өңірлерге жататындығына негізделген. Олардың ішінде дәрілік (*Suaeda microphylla* Pall.), азықтық (*S. altissima* (L.) Pall.) өсімдіктер бар. *S. linifolia*, *S. acuminata* түрлері жиі кездеседі және антропогендік бұзылулардың индикаторлары болуы мүмкін.

Түйін сөздер: анатомия, жапырақ, сабақ, *Suaeda*, *Chenopodiaceae*, *Suaedoideae*

**S. Ussen^{1,2}, P.V. Vesselova¹, G.M. Kudabayeva¹, B.B. Osmonali^{1,2},
K.S. Izbastina^{3,4}, D.Sh. Abdildanov^{1,2}**

¹*Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan*

²*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

³*Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan*

⁴*Astana Botanical Garden - Branch of RGP on PCV Institute of Botany and Phytointroduction*

Results of comparative anatomical studies species of the genus Suaeda Forssk. ex J.F.Gmel. of arid regions of Kazakhstan

Abstract. The article presents the results of the study of anatomical structures of species of the genus *Suaeda* Forssk. ex J.F. Gmel. growing in arid zones of Kazakhstan. Anatomical features of leaf and stem structure of the following species are considered: *Suaeda altissima* (L.) Pall., *S. acuminata* (C.A. Mey.) Moq., *S. linifolia* Pall., *S. physophora* Pall. and *S. microphylla* Pall. The anatomical structure of leaves of succulent plants, in particular *Suaeda*, differs significantly from that of non-succulents. The shape of leaves of such plants is usually cylindrical. The results of studying the anatomical structure of leaves of the listed species indicate that, like most representatives of the genus *Suaeda*, they belong to the Salsina-type. Biometric studies were carried out while describing anatomical sections of leaves and stems. The succulent nature of halophytic representatives of the genus is due to their ability to accumulate water in the form of juice in the above-ground part during the rainy season. This allows them to do without moisture from the outside for quite a long time. Moisture accumulates mainly in the stems or leaves. In the first case, the plants are called stem plants, and in the second, leaf succulents. The relevance of the study of the genus *Suaeda* is due to their belonging to the group of important halophytic components of the flora of both desert and steppe regions. Among them there are medicinal (*Suaeda microphylla* Pall.), fodder (*S. altissima* (L.) Pall.) plants. Species *S. linifolia*, *S. acuminata* quite often weed and can be indicators of anthropogenic disturbances.

Keywords: anatomy, leaf, stem, *Suaeda*, *Chenopodiaceae*, *Suaedoideae*

References

1. Barykina R.P., Chubatova N.V. Large workshop on ecological anatomy of flowering plants. M. Tov. nauch. (KMK., 2005, P. 77).
2. Butnik A.A., Ashurmetov O.A., Nigmanova R.N., Payzieva S.A. Ecological anatomy of desert plants in Central Asia. (Half-shrubs, shrubs). Tashkent: Fan (2001, 2, P. 132).
3. Butnik A.A., Yusupova D.M. Kranz cell size in the family Chenopodiaceae Vent. // Actual problems of ecology of plants. Materials republics. Conf. Tashkent, 52-55 (2012).
4. Carolin R.C., Jacobs S.W.L., Veski M. Leaf structure in Chenopodiaceae. // Jour. Bot. Jahrb. Syst. 226-255, (1975).
5. Esau K. Anatomy of seed plants. M.: Mir, I. (1980. 558 p.).
6. Fisher D.D., Schenk H.Y., Jhorsch Y.A., Ferren W.R. Leaf anatomy and Subdenerica affiliations in C3 and C4 species of *Suaeda* (Chenopodiaceae) in North America // American jour. of Botany, 84 (9), 1198-1210, (1997).

7. Freitag H., Kadereit G. C3 and C4 leaf anatomy types in Camphorosmeae (Camphorosmoideae, Chenopodiaceae) // Jour. Plant Syst. Evol.: Springer-Verlag, Wien., 299(8), 121-132 (1997).
8. Freitag H., Stichler W. *Bienertia cycloptera* Bunge ex Boiss., Chenopodiaceae, another C4 Plant without Kranz Tissues // Jour. Plant boil.: Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York., 4(1), P. 121-132, (2002).
9. Ivanova N.A., Muzychko L.M. Anatomicheskoe stroenie listev u rastenij na zasolennykh pochvakh Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta [Anatomical structure of leaves in plants on saline soils // Bulletin of Nizhnevartovsk State University.]. 3-8, (2013). [in Russian]
10. Polyakov P.P., Goloskokov V.P. Genus *Suaeda* (Chenopodiaceae) // Flora Kazakhstana. T. III. – Alma-Ata. [The genus *Suaeda* (Chenopodiaceae) // Flora of Kazakhstan. Vol. III. - Alma-Ata,], P. 77 (1997). [in Russian]
11. Tajsumov M.A., Abdu A.S., Magomadova R.S., Astamirov M.A. Klassifikacziya galofitov tersko-kumskoj nizmennosti po anatomo-fiziologicheskim priznakam // Vestnik Akademii nauk Chechenskoj Respubliki [Classification of halophytes of the Tersko-Kumskaya lowland by anatomo-physiological features // Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic]. 1(22), P. 35–46, (2014). [in Russian]
12. Samofalov I.E., Litvinenko Yu.A., Burasheva G.Sh. Fitokhimicheskoe issledovanie nadzemnoj chasti svedy melkolistnoj (*Suaeda microphylla*) // Likarske roslinnicstvo: vi`d dosvi`du minulogo do novi`tni`kh tekhnologi`j: materi`ali drugoyi Mi`zhnarodnoyi naukovо–praktichnoyi i`nternet–konferencziyi [Phytochemical study of the aerial part of *Suaeda microphylla* // Medicinal plant growing: from past experience to the latest technologies: materials of the second International scientific and practical Internet conference], 161, (2012). [in Ukrainian]
13. Masters D.G., Rintoul A.J., Dynes R.A., Pearce K.L., Norman H.C. Feed intake and production in sheep fed diets high in sodium and potassium // Australian Journal of Agricultural Research., T. 56., P. 427-434, (2005).
14. Wang Q., He D., Zhang X., Cheng Y., Sun Y., Zhu, J. Insight into bacterial and archaeal community structure of *Suaeda altissima* and *Suaeda dendroides* rhizosphere in response to different salinity level. *Microbiology Spectrum*, 12(1), e01649-23, (2024).
15. Vesselova P.V., Kudabaeva G.M., Muratova N.R., Degtyareva O.V. Vidovoj sostav zalezhej risovykh chekov Kyzylordinskoj oblasti (Yuzhnyj Kazakhstan) // Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii. Sbornik nauchnyj statej po materialam XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferenczii, Barnaul [Species composition of rice check deposits in Kyzylorda region (South Kazakhstan) // Problems of botany of South Siberia and Mongolia. Collection of scientific articles on the materials of XVI international scientific-practical conference, Barnaul.]. – P. 5-8 (9), (2007). [in Russian]
16. Wang Q., He D., Zhang X., Cheng Y., Sun Y., Zhu J. Insight into bacterial and archaeal community structure of *Suaeda altissima* and *Suaeda dendroides* rhizosphere in response to different salinity level. *Microbiology Spectrum*, 12(1), e01649-23, (2024). <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2022.106203>
17. Mohammed H.A., Mohammed H.A. The valuable impacts of halophytic genus *Suaeda*; nutritional, chemical, and biological values. *Medicinal Chemistry*, 16(8), 1044-1057, (2020). <https://doi.org/10.2174/1573406416666200224115004>
18. Altay V., Ozturk M. The genera *Salsola* and *Suaeda* (Amaranthaceae) and their value as fodder. *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*, 1-12, (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-030-17854-3_97-1

19. Yu W., Wu W., Zhang N., Wang L., Wang Y., Wang B., Wang Y. Research advances on molecular mechanism of salt tolerance in Suaeda. *Biology*, 11(9), 1273, (2022). <https://doi.org/10.3390/biology11091273>

20. Alshegaihi R.M. The complete chloroplast genome of the halophyte flowering plant Suaeda monoica from Jeddah, Saudi Arabia. *Molecular Biology Reports*, 51(1), 60, (2024). <https://doi.org/10.1007/s11033-023-09069-x>

21. Zhang Y., Wang H., Zhang X., Feng Z., Liu J., Wang Y., Liu L. Effects of salt stress on the rhizosphere soil microbial communities of Suaeda salsa (L.) Pall. in the Yellow River Delta. *Ecology and Evolution*, 14(9), e70315, (2024). <https://doi.org/10.1002/ece3.70315>

22. Ussen S., Vesselova P. V., Kudabayeva G. M., Kurmanbayeva M.S., Osmonali B.B. Species Suaeda Forssk. of the Aral-Balkhash region flora in the collections of the Herbarium (AA). *Bulletin of the Karaganda University "Biology medicine geography Series"*, 11429(2), 76-85, 2024.

About the Authors:

Ussen S. – PhD student of Geobotany, Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology of the Al-Farabi Kazakh National University, st. Timiryazeva 71, Almaty, Kazakhstan; junior researcher of the Laboratory of Flora and Higher Plants of the Institute of Botany and Phytointroduction, st. Timiryazeva 36 D, Almaty, Kazakhstan.

Vesselova P.V. – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Flora and Higher Plants of the Institute of Botany and Phytointroduction, st. Timiryazeva 36 D, Almaty, Kazakhstan.

Kudabayeva G.M. – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Flora and Higher Plants of the Institute of Botany and Phytointroduction, st. Timiryazeva 36 D, Almaty, Kazakhstan.

Osmonali B.B. – PhD Head of the Vegetation Inventory Laboratory of the Institute of Botany and Phytointroduction, st. Timiryazeva 36 D, Almaty, Kazakhstan.

Izbastina K.S. – PhD, acting associate professor of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, ave. Zhenis 62, Astana, Kazakhstan; Senior researcher of the Astana Botanical Garden - a branch of the RSE on the REM of the Institute of Botany and Phytointroduction, st. Orynbor, 16, Astana, Kazakhstan.

Abdildanov D.Sh. – PhD student of Geobotany, Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology of the Al-Farabi Kazakh National University, st. Timiryazeva 71, Almaty, Kazakhstan; junior researcher of the Laboratory of Flora and Higher Plants of the Institute of Botany and Phytointroduction, st. Timiryazeva 36 D, Almaty, Kazakhstan.

Сведения об авторах:

Усен С. – докторант по специальности «Геоботаника», кафедры биоразнообразия и биоресурсов, факультет биологии и биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, ул. Тимирязева, 71, Алматы, Казахстан; младший научный сотрудник лаборатории флоры высших растений Института ботаники и фитоинтродукции, ул. Тимирязева, 36Д, Алматы, Казахстан.

Веселова П.В. – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией флоры высших растений Института ботаники и фитоинтродукции, ул. Тимирязева, 36Д, Алматы, Казахстан.

Кудабоева Г.М. – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории флоры высших растений Института ботаники и фитоинтродукции, ул. Тимирязева, 36Д, Алматы, Казахстан.

Осмонали Б.Б. – PhD заведующий лабораторией кадастра растительного мира, ул. Тимирязева, 36Д, Алматы, Казахстан.

Избастина К.С. – PhD, и.о. ассоциированного профессора, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, просп. Женис, 62, Астана, Казахстан; старший научный сотрудник Астанинского ботанического сада – филиала РГП на ПХВ «Института ботаники и фитоинтродукции», ул. Орынбор, 16, Астана, Казахстан.

Абдилданов Д.Ш. – докторант по специальности «Геоботаника», кафедра биоразнообразия и биоресурсов, факультет биологии и биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, ул. Тимирязева, 71, Алматы, Казахстан; младший научный сотрудник лаборатории флоры высших растений Института ботаники и фитоинтродукции, ул. Тимирязева, 36Д, Алматы, Казахстан.

Авторлар туралы мәліметтер:

Үсен С. – Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультеті, нің биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының геоботаника докторанты, Тимирязева көш., 71, Алматы, Қазақстан; Ботаника және фитоинтродукция институты жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан.

Веселова П.В. – биология ғылымдарының кандидаты, Ботаника және фитоинтродукция институты Жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының меңгерушісі, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан.

Құдабаева Г.М. – биология ғылымдарының кандидаты, Ботаника және фитоинтродукция институты Жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан.

Осмонали Б.Б. – PhD Өсімдік кадастры зертханасының меңгерушісі, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан.

Избастина Қ.С. – PhD, актерлік шеберлік атындағы С.Сейфуллина атындағы Қазақ агротехникалық университетінің доценті, Жеңіс даңғ. 62, Астана, Қазақстан; Астана ботаникалық бағының аға ғылыми қызметкері – Ботаника және фитоинтродукция институты жанындағы РМК филиалы, Орынбор көш., 16, Астана, Қазақстан.

Әбділданов Д.Ш. – Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультетінің биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасы геоботаника мамандығының докторанты, Тимирязева көш., 71, Алматы, Қазақстан; Ботаника және фитоинтродукция институты жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан.