



Краткое сообщение

Микроструктурные особенности корней *Euryale ferox* Salisb.(Nymphaeaceae) с Дальнего Востока России

Д.Ю. Цыренова 

Тихоокеанский государственный университет, 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 136

duma@mail.ru

Поступила в редакцию: 25.05.2022

Доработана: 27.06.2022

Принята к печати: 01.07.2022

Опубликована онлайн: 19.04.2023

DOI: 10.23859/estr-220526

УДК 574.2

Аннотация. В статье представлены результаты анатомического исследования корней редкого в Дальневосточном регионе России представителя водной флоры *Euryale ferox* Salisb. из семейства Nymphaeaceae. Корни исследуемого вида характеризуются первичной структурой с типичными пропорциями гистолого-топографических зон. Отмечается общая аэренхиматизация тканей в связи с адаптацией к водной среде обитания. Органоспецифические признаки – полиархная стебла, эндодерма с поясками Каспари, нередуцированные трахеальные элементы ксилемы. Выявленная первичная структура корня *E. ferox* свидетельствует о его родстве с однодольными.

Ключевые слова: гидрофит, анатомия корня, гистолого-топографические зоны, органоспецифические признаки

Для цитирования. Цыренова, Д.Ю., 2023. Микроструктурные особенности корней *Euryale ferox* Salisb.(Nymphaeaceae) с Дальнего Востока России. *Трансформация экосистем* 6 (2), 3–8. <https://doi.org/10.23859/estr-220526>

Short communication

The microstructure of the root of *Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae) from the Russian Far East

Dulmazhab Yu. Tsyrenova 

Pacific National University, ul. Tikhookeanskaya 136, Khabarovsk, 680035 Russia

duma@mail.ru

Received: 25.05.2022

Revised: 27.06.2022

Accepted: 01.07.2022

Published online: 19.04.2023

DOI: 10.23859/estr-220526

UDC 574.2

Translated by S.V. Nikolaeva

Abstract. Roots of *Euryale ferox* Salisb. a rare hydrophyte of the family Nymphaeaceae from the Russian Far East, are anatomically studied. These roots are characterized by a primary structure with typical proportions of histological and topographic zones. There is a general aerenchymatization of tissues due to adaptation to the aquatic environment. Organ-specific characters, including the polyarchstele, endoderm with Casparian strips, and unreduced tracheal xylem elements, are present. The primary structure of the *E. ferox* root indicates its relationship with monocots.

Key words: hydrophyte, root anatomy, histological and topographic zones, organ-specific features.

To cite this article. Tsyrenova, D.Yu. The microstructure of the root of *Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae) from the Russian Far East. *Ecosystem Transformation* 6 (2), 3–8. <https://doi.org/10.23859/estr-220526>

Введение

В настоящее время широко обсуждаются проблемы антропогенной трансформации растительного покрова. В Дальневосточном регионе России складывается неблагоприятная экологическая обстановка, обусловленная трансформацией экосистем под влиянием лесопромышленных рубок, пожаров, горнопромышленных и сельскохозяйственных освоений и урбанизации (Крюкова, 2013; Шлотгауэр, 2007). Отмечено существование катастрофических зон, где 90% редких растений не восстанавливаются в прежних местообитаниях в связи с уничтожением коренной растительности. Также выявлено, что за последние десять лет только на Нижнем Амуре общее число редких и исчезающих видов увеличилось почти в два раза (133 против 265). В связи с этим проведение исследований и получение новых знаний о редких и исчезающих видах региона является актуальной научной задачей. Изучение особенностей распространения, экологии, биологии, морфологии, степени адаптивности популяций к антропогенным и климатиче-

ским преобразованиям природной среды позволит оценить современное состояние уязвимости популяций этих видов и в случае необходимости провести мероприятия по их реинтродукции.

В настоящее время отмечается слабая изученность подземных органов большинства видов высших растений по сравнению с надземными частями (Таршис, 2008). Фрагментарность наших знаний о структурных особенностях подземных органов затрудняет их использование для целей систематики и филогении, а также для понимания адаптивной эволюции растений. Одна из задач современной ботаники – изучение специфических анатомических признаков подземных органов у представителей различных таксонов и экологических групп.

Объектом нашего исследования служит эвриала устрашающая (*Euryale ferox* Salisb.) из семейства кувшинковых (нимфейных, Nymphaeaceae). Редкость вида в дальневосточном регионе связана как с природными, так и с антропогенными факторами. *E. ferox* – представитель древнего южноазиатского субтропического рода (Цвелев,

1987). В умеренной зоне стран Восточной Азии (Китай, п-ов Корея, Япония) и юга Дальнего Востока России ареал вида носит реликтовый характер (*Euryale ferox*..., 2022; Lee, 1996; Ohwi, 1965). Естественные местонахождения эвриалы уступающей в России отмечаются преимущественно в долине р. Усури (Цвелев, 1987). Вид обнаружен также на территории Среднего Приамурья в черте г. Биробиджана Еврейской Автономной области (Рубцова, 2009). Это местонахождение – самое северное в дальневосточной части ареала, расположенное примерно на 300 км севернее остальных известных точек. Биоморфология вида своеобразна – он представлен одно-двухлетней жизненной формой, в том время как большинство представителей нимфейных являются многолетниками (Безделев и Безделева, 2006; Тахтаджян, 1987). К антропогенным факторам редкости вида можно отнести зарегулирование стока рек бассейна Амура, вызывающего почти необратимые нарушения гидрологического режима пойменных стариц и мелководных заводей, которые являются оптимальными местообитаниями для эвриалы.

Внешняя морфология, биология семенного размножения в культуре и распространение вида в регионе достаточно подробно изучены (Крюкова, 2013; Мурдахаев, 1976; Павленко, 1971). Таксономические сводки ресурса Angiosperm Phylogeny Website также содержат некоторые сведения по флоральной биологии и гистогенезу спермодермы у *E. ferox*. Кроме того, опубликованы результаты анатомического исследования надземных органов вида (Цыренова и Шарин, 2021).

В данном сообщении представлены результаты дальнейших анатомических исследований вегетативных органов у *E. Ferox* с целью установления конституционных и органоспецифических признаков микроструктуры корня.

Материалы и методы

Материал для исследования собран из непроточного озера в окрестностях с. Оренбургского (Бикинский р-н Хабаровского края), расположенного в пойме р. Бикин (N 46°47'20", E 134°14'50"). Площадь водоема – 55,8 км². Максимальная глубина составляет около 3 м (по устному сообщению местного жителя). Дно выстлано крупной галькой, покрытой рыхлыми илистыми осадками. Испытывает повышенную рекреационную нагрузку в летний купальный сезон. Береговые наносы вытоптаны домашними животными. Эвриала встречается на всем протяжении вдоль южного берега озера, образуя сплошные монодоминантные сообщества.

Для исследования были отобраны части органов с трех разных особей. Материал фиксировался в 70% спирте. Исследования проведены по общепринятой методике микроструктурного анализа

(Фурст, 1979). Срезы органов сделаны лезвием бритвы от руки в трех повторностях. Окрасивание производили спиртовым раствором флороглюцина с каплей концентрированной соляной кислоты. Готовые микропрепараты просматривались с помощью микроскопа Биолам-ЛОМО и цифрового микрокомплекса Альтами БИО 8. При определении размеров клеток и пропорции гистологических зон использовали стандартные окуляр-микрометр М-ЛОМО и объект-микрометр ОМО. Визуализация микропрепаратов производилась цифровой камерой для микроскопа TourCam с использованием программного обеспечения TourView. Первичные материалы исследования хранятся в кабинете ботаники Тихоокеанского государственного университета.

Результаты и обсуждение

Морфологические особенности вида

В обследованном водоеме растения *E. ferox* довольно крупные, достигающие высоты 50–60 см. Все части растения покрыты крепкими острыми шипами. Побеговая система *E. ferox* вегетативно-генеративная, включающая укороченный розеточный побег и цветоносы. Цветоносы несут одиночные обоеполые цветки. Специализированные побеги вегетативного возобновления отсутствуют. Листья бифациальные с фотосинтезирующими пластинками, плавающими на поверхности воды. Диаметр листовых пластинок 30–45(60) см. Филлотаксис спиральный. По ходу основной генетической спирали листья чередуются с цветоносами. Чешуевидные, нефотосинтезирующие прилистники располагаются при верхних метамерах. Корневая система *E. ferox* мочковатая. Корни шнуровидные, многочисленные, возникающие у основания черешка каждого листа. Корневая система полностью погружена в грунт водоема, закрепляя розеточные побеги растения на определенном участке акватории. К концу вегетационного сезона корневая система полностью разрушается вместе с отмиранием особи.

По экологическим особенностям *E. ferox* представляет собой типичного гидатофита. Побеги, закрепленные на дне водоемов, несут листья с плавающими на поверхности воды пластинками. В воздушную среду также выдвинуты и верхушки цветков. В толще воды располагаются молодые неразвернутые листья и нераскрывшиеся цветки; по мере развития позднее все они экспонируются в инсолируемую среду. При описании водной растительности обследованного водоема обнаружено, что *E. ferox* встречается в прибрежной зоне зарастания среди погруженных макрогидрофитов. В составе этого сообщества отмечены следующие виды: *Ceratophyllum demersum* L. (обильно), *Trapa*

maximowiczii Korsh. (изредка), *Potamogeton maakianus* A. Benn. (изредка), *Potamogeton berchtoldii* Fieb. (редко), *Hydrilla verticillata* (L. f.) Rich. (редко), *Sagittaria natans* Pall. (редко), *Utricularia vulgaris* L. (редко), *Trapa sinensis* Oliv. (редко).

Анатомические особенности корней

Основные гистолого-топографические зоны в корнях *E. Ferox* хорошо дифференцированы (Рис. 1 А). На поперечных срезах корня в зоне поглощения – однослойная эпиблема (е). Эпиблема образована в основном атрихобластами, трихобласты почти отсутствуют. Первичная кора выполнена азренхимой (аер) с округло-полигональными межклетниками. Паренхима перегородок крупноклеточная, анизокитная. Клетки тонкостенные и бесцветные, содержат крахмальные зерна. Эндодерма (ед) однослойная с поясками Каспари. Перикцикл

образован слоем тонкостенных таблитчатых клеток. Стела полиархная (Рис. 1А, В). Она представлена шестью–девятью лучами экзархной ксилемы (х) с хорошо различимой протоксилемой (рх) и метаксилемой (мх). Между ксилемными лучами располагаются слабо развитые ситовидные элементы флоэмы (рф). Трахеальные элементы по своей прозенхимной форме и косо направленным концевым участкам являются трахеидами (Рис. 1 С).

Результаты наших исследований демонстрируют, что для корней *E. ferox* характерна первичная анатомическая структура с типичными пропорциями гистолого-топографических зон. Надземные побеговые оси этого растения также имеют первичную структуру (Цыренова и Шарин, 2021). Редукция камбиальной деятельности у изучаемого вида может быть связана с однолетней жизненной формой. Данный факт также можно интерпретировать как эволюционный признак ним-

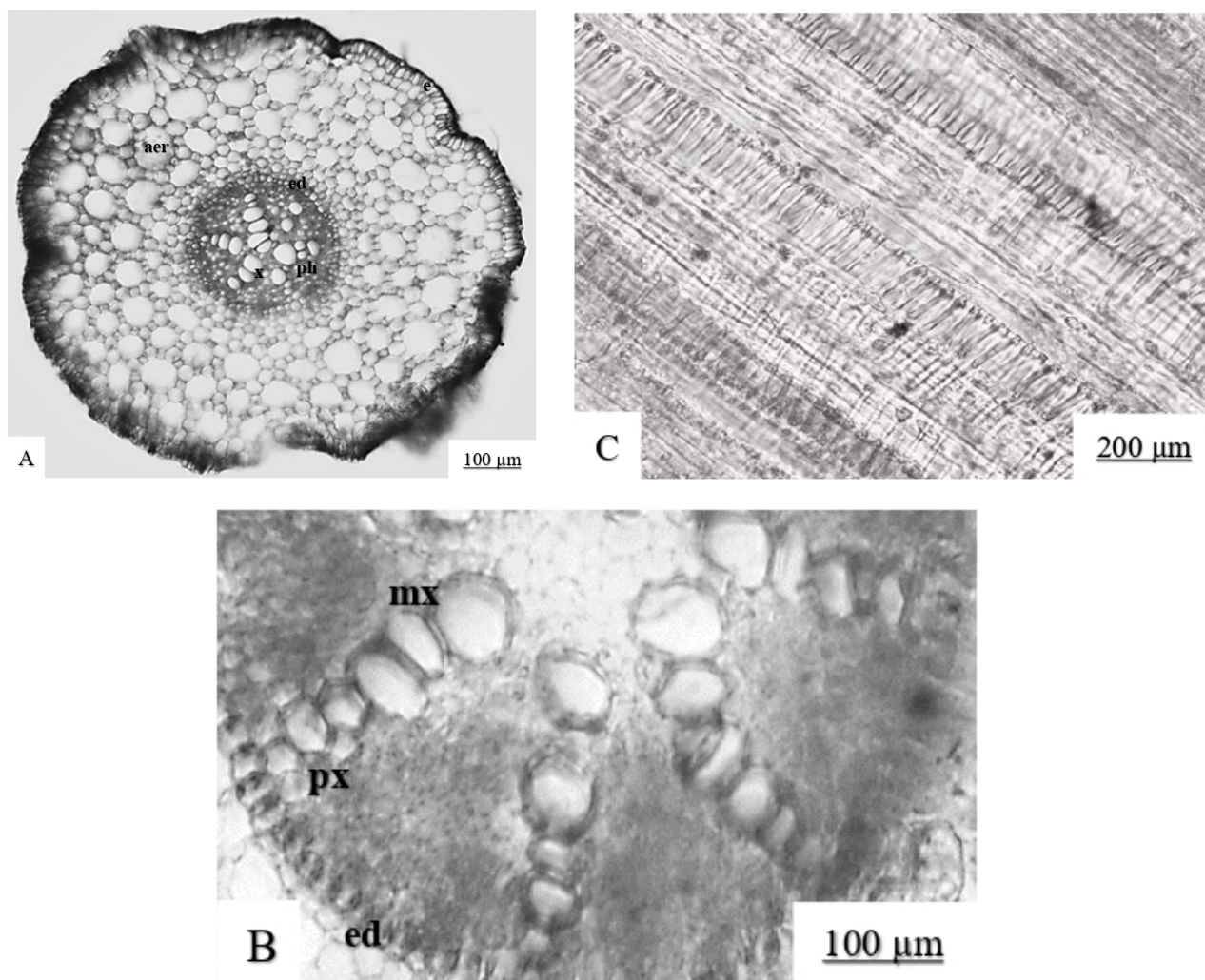


Рис. 1. Микрофотографии корня *Euryale ferox*. А – общий план поперечного среза корня: е – эпиблема, аер – азренхима, ед – эндодерма, рф – элементы флоэмы, х – элементы ксилемы; В – фрагмент стелы: рх – протоксилема, мх – метаксилема; С – продольный срез корня.

фейных, представляющих гидрофитную линию эволюции наземных растений.

Общая аэренхиматизация основных тканей органов указывает на водные условия существования вида. Однако в корнях данного растения не наблюдается признаков структурной редукции, связанных с местообитанием в водной среде. Обнаруживается нормально развитая эндодерма с поясками Каспари. Ксилема имеет нередуцированные трахеальные элементы. В то время как в надземных побегах трахеальные элементы ксилемы полностью замещены воздухоносными каналами (Цыренова и Шарин, 2021), в корнях они не подвержены редукции. В этом отношении корневая система *E. ferox* отличается большей дифференцированностью тканей, чем побеговые системы. Вместе с тем, в корнях исследуемого вида не обнаружены астроклереиды, присутствующие в надземных частях.

К другим органоспецифическим особенностям микроструктуры корней *E. ferox* относится присутствие полиархной стелы. Надземным побеговым осям растений вида свойственна атактостелия (Цыренова и Шарин, 2021). Названные микроструктурные особенности вегетативных органов *E. ferox* свидетельствуют о его родственных связях с представителями однодольных.

Заключение

Исследовано анатомическое строение подземных органов *E. ferox* – редкого реликтового представителя водной флоры Дальнего Востока России. Полученные данные дополняют общую характеристику вида и дают основания для интерпретации его родственных отношений в контексте таксономии и филогении. Вероятно, внутренняя анатомическая организация вида, выработанная в ходе длительной эволюции, способствует его достаточной устойчивости к современным трансформациям природной среды. Подтверждением служит формирование ценозов с участием изученного вида в водоемах со значительной антропогенной нагрузкой вблизи населенных пунктов (например, г. Биробиджан, с. Оренбургское), а также местонахождение вида в более северных районах Дальнего Востока (например, в пойме р. Бира Еврейской Автономной области). Можно предположить, что современные климатические условия в регионе способствуют продвижению ареала этого субтропического вида на север.

ORCID

Д.Ю. Цыренова  [0000-0003-3892-309X](https://orcid.org/0000-0003-3892-309X)

Благодарности

Автор признательна Т.Г. Борзенковой и Г.Г. Шарину за помощь в сборе природного мате-

риала, приготовлении микропрепаратов и микрофотографий.

Список литературы

Безделев, А.Б., Безделева, Т.А., 2006. Жизненные формы семенных растений российского Дальнего Востока. Дальнаука, Владивосток, Россия, 296 с.

Крюкова, М.В., 2013. Сосудистые растения Нижнего Приамурья. Дальнаука, Владивосток, Россия, 351 с.

Мурдахаяев, Ю.М., 1976. Особенности интродукции лотосов (*Nelumbonaceae* Dumort.) и некоторых представителей кувшинковых (*Nymphaeaceae* Salisb.), выращиваемых в открытых бассейнах Ботанического сада АН УзССР в Ташкенте. *Интродукция и акклиматизация растений* **13**, 81–159.

Павленко, Г.Е., 1971. Редкое водное растение Дальнего Востока. Известия Сибирского Отделения АН СССР, Серия: Биологические науки, **15** (3), 162–163.

Рубцова, Т.А., 2009. Флористические находки на территории Еврейской автономной области. *Ботанический журнал* **94** (8), 1244–1247.

Таршис, Л.Г., 2007. Анатомия подземных органов высших сосудистых растений. Издательство УрО РАН, Екатеринбург, Россия, 187 с.

Тахтаджян, А.Л., 1987. Система магнолиофитов. Наука, Ленинград, СССР, 438 с.

Фурст, Г.Г., 1979. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. Наука, Москва, СССР, 159 с.

Цвелев, Н.Н., 1987. Сем. Кувшинковые – *Nymphaeaceae*. В: Харкевич, С.С. (ред.), *Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 2*. Наука, Санкт-Петербург, СССР, 23–28.

Цыренова, Д.Ю., Шарин, Г.Г., 2021. Микроморфология эвриалы устрашающей *Euryale ferox* Salisb. (*Nymphaeaceae*) с бассейна Среднего Приамурья. *Вестник СВФУ* **82** (2), 20–27.

Шлотгауэр, С.Д., 2007. Антропогенная трансформация растительного покрова тайги. Наука, Москва, Россия, 177 с.

Angiosperm Phylogeny Website. Version 14. Электронный ресурс. URL: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (дата обращения: 11.04.2022).

Euryale ferox in Flora of China. Электронный ресурс. URL: <http://www.efloras.org/> (дата обращения: 11.04.2022).

Lee, Y.N., 2007. Flora of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea, 1237 p.

Ohwi, J., 1965. Flora of Japon. Smithsonian Institution, Washington, USA, 1067 p.

Acknowledgements

The author is grateful to T.G. Borzenkova and G.G. Sharin for help in collecting natural material, preparation of micropreparations and microphotographs.

References

Angiosperm Phylogeny Website. Version 14. Web page. URL: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (accessed: 11.04.2022).

Bezdelev, A.B., Bezdeleva, T.A., 2006. Zhiznennyye formy semennykh rasteniy rossiyskogo Dal'nego Vostoka [Life forms of seed plants of the Russian Far East]. Dal'nauka, Vladivostok, Russia, 296 p. (In Russian).

Euryale ferox in Flora of China. Web page. URL: <http://www.efloras.org/> (accessed: 11.04.2022).

Furst, G.G., 1979. Metody anatomogistokhimicheskogo issledovaniya rastitel'nykh tkaney [Methods of anatomical and histochemical examination of plant tissues]. Nauka, Moscow, USSR, 159 p. (In Russian).

Kriukova, M.V., 2013. Sosudistyye rasteniya Nizhnego Priamur'ya [Vascular plants of the Lower Amur region]. Dal'nauka, Vladivostok, Russia, 351 p. (In Russian).

Lee, Y.N., 2007. Flora of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea, 1237 p.

Murdakhaev, Yu.M., 1976. Osobennosti introduktsii lotosov (Nelumbonaceae Dumort.) i nekotorykh predstaviteley kuvshinkovykh (Nymphaeaceae Salisb.), vyrashchivaemykh v otkrytykh basseynakh Botanicheskogo sada AN UzSSR v Tashkente [Features of the introduction of lotus (Nelumbonaceae Dumort.) and some

representatives of water lilies (Nymphaeaceae Salisb.) grown in outdoor pools of the Botanical Garden of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR in Tashkent]. *Introduktsiya i akklimatizatsiya rasteniy [Introduction and Acclimatization of Plants]* **13**, 81–159. (In Russian).

Ohwi, J., 1965. Flora of Japon. Smithsonian Institution, Washington, USA, 1067 p.

Pavlenko, G.E., 1971. Redkoe vodnoe rastenie Dal'nego Vostoka [A rare aquatic plant of the Far East]. *Izvestiya Sibirskogo Otdeleniya AN SSSR, Seriya: Biologicheskie nauki [News of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, Series: Biological Sciences]* **15** (3), 162–163. (In Russian).

Rubtsova, T.A., 2009. Floristicheskie nakhodki na territorii Evreiskoy avtonomnoy oblasti [Floral finds on the territory of the Jewish Autonomous Region]. *Botanicheskii zhurnal [Botanical journal]* **94** (8), 1244–1247. (In Russian).

Takhtadzhyan, A.L., 1987. Sistema magnoliofitov [Magnoliophyte system]. Nauka, Leningrad, USSR, 438 p. (In Russian).

Tarshis, L.G., 2007. Anatomiya podzemnykh organov vysshikh sosudistyykh rastenii [Anatomy of the underground organs of higher vascular plants]. Printing House of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia, 187 p. (In Russian).

Tsvelev, N.N., 1987. Sem. Kuvshinkovye – Nymphaeaceae [Fam. Nymphaeaceae]. In: Kharkevich, S.S. (ed.), *Sosudistyye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka. T. 2 [Vascular plants of the Soviet Far East. Vol. 2]*. Nauka, Saint Petersburg, USSR, 23–28. (In Russian).

Tsyrenova, D.Yu., Sharin, G.G., 2021. Mikromorfologiya ehvrialy ustrashayushchey *Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae) s bassejna Srednego Priamur'ya [*Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae) micromorphology study from the Middle Amur Region basin]. *Vestnik SVFU [Vestnik of North-Eastern Federal University]* **82** (2), 20–27. (In Russian).

Shlotgauehr, S.D., 2007. Antropogennaya transformatsiya rastitel'nogo pokrova taiga [Anthropogenic transformation of the vegetation cover of the taiga]. Nauka, Moscow, USSR, 177 p. (In Russian).