

УДК 581.84:582.57(574.2)

DOI: 10.14258/pbssm.2021087

## Анатомо-морфологическое исследование вегетативных органов *Fritillaria karelinii* (Fisch. ex D. Don) Baker из природных популяций юго-восточного Казахстана

### Anatomical and morphological study of vegetative organs of *Fritillaria karelinii* (Fisch. ex D. Don) Baker from natural populations of southeastern Kazakhstan

Турсынбай А.<sup>1</sup>, Гемеджиева Н. Г.<sup>2</sup>, Курбатова Н. В.<sup>1</sup>, Алдасугурова Ч. Ж.<sup>1</sup>

Tursynbay A.<sup>1</sup>, Gemejiyeva N. G.<sup>2</sup>, Kurbatova N. V.<sup>1</sup>, Aldassugurova C. Z.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан.

E-mail: erketay\_0994@mail.ru; kurbatova\_nv77@mail.ru; aldasygyrova.chinar.77@gmail.com

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПП РК, г. Алматы, Казахстан.

E-mail: ngemed58@mail.ru

<sup>2</sup>“Botany and Phytointroduction” of Forestry and Wildlife Committee of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

**Реферат.** Приведены результаты анатомо-морфологического исследования вегетативных органов рябчика Карелина *Fritillaria karelinii* из различных популяций юго-восточного Казахстана, у которых обнаружены различия в степени развития аэренхимы, количестве проводящих пучков в листьях и стеблях. Установлено, что условия увлажнения мест произрастания вида влияют на количество слоев и упорядоченность паренхимных клеток в структуре корня и стебля, а также на развитие кутикулы на поверхности листа. Выявленные анатомо-морфологические особенности вида могут служить в качестве диагностических признаков растительного сырья.

**Ключевые слова.** Анатомо-морфологические исследования, вегетативные органы, популяция, рябчик Карелина, юго-восточный Казахстан.

**Summary.** The article shows results of anatomical and morphological studies of the vegetative organs of *Fritillaria karelinii* from various populations of southeastern Kazakhstan, in which differences were found in the rate of development of aerenchyma, a number of vascular bundles in leaves and stems. It has been established that moisture conditions of the habitats of the species affect a number of layers and the ordering of parenchymal cells in the structure of the root and stem, as well as development of the cuticle on the leaf surface. The revealed anatomical and morphological features of the species can serve as diagnostic signs of plant materials.

**Key words.** Anatomical and morphological studies, *Fritillaria karelinii*, population, southeastern Kazakhstan, vegetative organs.

**Введение.** Рябчик Карелина *Fritillaria karelinii* (Fisch. ex D. Don) Baker из семейства Liliaceae Juss. относится к малоизученным, не используемым еще в официальной медицине Казахстана видам. Однако, в последние годы луковицы этого вида стихийно и хищнически заготавливаются на территории юго-восточного Казахстана и экспортируются в Китай, где они, наряду с другими видами рябчика издавна применяются в китайской медицине под названием *Wei-mu*, или *Pei-mu* для получения противокашлевых и отхаркивающих средств (Chinese Pharmacopoeia..., 2015; Xiang et al., 2016).

Рябчик Карелина (*Fritillaria karelinii*) – многолетнее растение с белой шаровидной луковицей и невысоким (до 15 см) сероватым стеблем. Нижние листья почти супротивные, продолговатые, верхние очередные, более узкие, переходящие в парные прицветные листья. Цветки широко колокольчатые, поникшие, нижние – обоеполые, верхние – тычиночные, собраны в кистевидное соцветие. Листочки околоцветника розово-фиолетовые, варьирующие по интенсивности окраски, снаружи с шах-

матным рисунком из более темных пятен. Плод – округлая ребристая коробочка. Цветет в марте–апреле. Растет по глинистым и песчаным пустынным степям, сухим предгорьям и пескам на территории всего Казахстана, за исключением северного, встречаясь в 17 флористических районах (Павлов, 1956). Охраняется на территории двух заповедников – Устьюртского и Барса-Кельмес. (Иващенко, 2005).

Цель исследования: выявление анатомо-морфологических особенностей вегетативных органов *Fritillaria karelinii* из различных природных популяций юго-восточного Казахстана в пределах Алма-тинской области.

**Материалы и методы исследования.** Материалом для исследования служили вегетативные органы рябчика Карелина, образцы которых были собраны в начале третьей декады марта 2021 г. у цветущих растений в природных популяциях на территории юго-восточного Казахстана в пределах Алма-тинской области, охватывающей 18 (Балхаш-Алакульский) и 25 (Заилийский, Кунгей Алатау) флористические районы (Флора Казахстана, 1956).

Для исследований брали растительный материал, зафиксированный в смеси спирта, глицерина и воды в соотношении 1 : 1 : 1. При изготовлении и описании препаратов применяли общепринятые методы анатомии растений (Прозина, 1960; Пермяков, 1988; Барыкина и др., 2004). Поперечные срезы вегетативных органов проводили у цветущих экземпляров, структурные анатомические элементы органов которых в период цветения характеризуются наибольшей целостностью. Для анализа отбирали средне-возрастное генеративное растение с хорошо развитыми придаточными корнями. Отобранные хорошо развитые корни средней толщины и их фрагменты фиксировали в 70-градусном этиловом спирте. Анатомические препараты изготовлены с помощью микротомы с замораживающим устройством ОЛ–ЗСО (Инмедпром, Россия), либо вручную – с помощью обыкновенных бритв, с двояковогнутым лезвием. Толщина анатомических срезов составляла 10–15 мкм. Для количественного анализа проведено измерение морфометрических показателей с помощью окуляр-микрометра МОВ–1–15 (при объективе х 10, увеличении (ув.) х 40, 10, 7). Микрофотографии анатомических срезов были сделаны на микроскопе МС 300 (Micros, Австрия) с видеокамерой SAMV400/1.3M (jProbe, Япония). Описание внешних признаков выполнено в соответствии с требованиями ГФ XI (Государственная фармакопея..., 1987; 1990).

**Результаты и обсуждение.** В результате впервые предпринятого анатомо-морфологического исследования изучаемого вида выявлены некоторые особенности в строении вегетативных органов р. Карелина, собранного в Богутинской (1), Капшагайской (2) и Илийской (3) популяциях на территории юго-восточного Казахстана, где вид произрастал в диапазоне высот от 436 м до 596 м над ур. м. в составе кустарниково-эфемеро-эфемероидного и эфемеро-эфемероидного сообществ с участием бутонизирующих экземпляров молочая репки *Euphorbia rapulum* Kar. et Kir., тюльпанов (*Tulipa tarda* Stapf, *Tulipa* sp), вегетирующих эремурусов (*Eremurus inderiensis* (Steven) Regel, *E. cristatus* Vved.) и др.

Богутинская популяция (1) описана в 6,7 км северо-восточнее пос. Борандасу (Н 596 м, N 43038'31.6", E 78039'08.0"), где рябчик Карелина рассеянно произрастал среди локальной заросли саксаульников подгорной равнины гор Богуты на территории 25 флористического района.

Капшагайская популяция (2) выявлена в 8,3 км северо-восточнее г. Капшагай, в окрестностях северо-западного побережья Капшагайского водохранилища (Н 530 м, N 43°55'43.0", E 77°06'30.1"), где изучаемый вид редко встречался в нижней части горных склонов на каменисто-щебнистой почве.

Илийская популяция (3) обнаружена в 4,7 км северо-восточнее урочища Танбалы-Тас, недалеко от берега р. Иле (Н 436 м, N 44°05'04.4", E 76°59'45.4"), где растения произрастали небольшими семейками на песчаной почве в пределах 18 флористического района.

Анатомо-морфологическое исследование показало, что в строении листьев, взятых у растений из трех популяций, общими являются следующие черты: листовая пластинка *F. karelinii* имеет слегка изогнутую, узкую форму. На верхней стороне листа клетки эпидермиса более мелкие, отмечены единичные устьица и слой кутикулы, наиболее выраженный у растений из популяции 3. Клетки эпидермиса округло-продолговатые, расположены однорядно по всей длине листа. Под верхним эпидермисом у растений из 1 и 3 популяций располагается двухрядный столбчатый мезофилл, состоящий из продолговатых паренхимных клеток с межклетниками. Проводящие пучки – мелкие коллатеральные закрытые, состоят из элементов флоэмы и ксилемы. Нижняя часть листа представлена губчатым мезофиллом с многочисленными межклетниками. Клетки нижнего эпидермиса имеют округлую форму, количество устьиц больше, чем в структуре верхнего эпидермиса. Хорошо различимы крупные подустьичные полости. В толще мезофилла встречаются единичные клетки, содержащие включения (рис. 1).

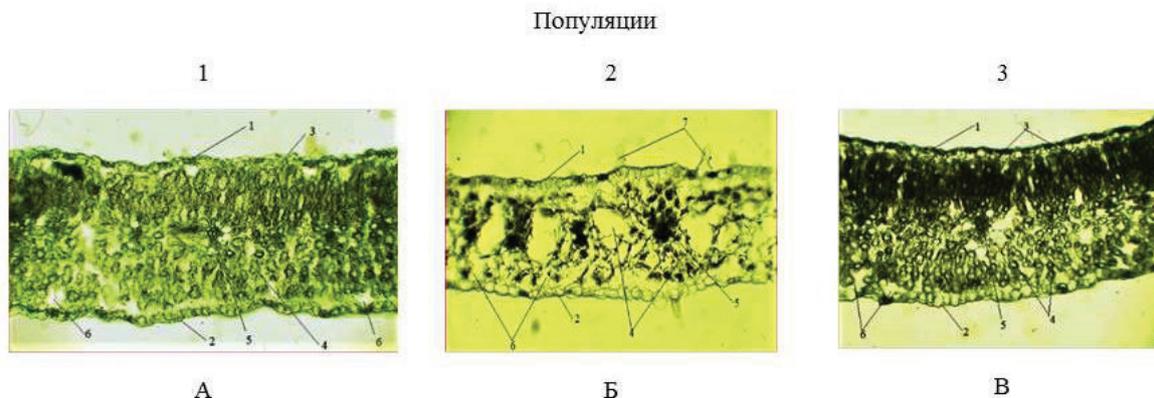


Рис. 1 А, Б, В. Анатомическое строение листа *Fritillaria karelinii* (А – ув. x 100; Б, В – ув. x 140)). Условные обозначения: 1 – верхний эпидермис, 2 – нижний эпидермис, 3 – столбчатый мезофилл, 4 – губчатый мезофилл (аэренхима) (популяция 2), 5 – проводящий пучок, 6 – подустьичная полость, 7 – простой волосок.

Выявлены следующие отличительные особенности листовых пластинок у растений из популяции 2: эпидермис тонкий, однослойный с единичными простыми волосками, столбчатый мезофилл не развит, в центральной части листа между проводящими пучками находятся крупные воздухоносные полости (аэренхима), что обуславливает рост растения в околородной среде. Форма и размер воздухоносных полостей варьирует. Многочисленные полости имеют округло-продолговатую форму и встречаются в среднем количестве от 10 до 20. Толщина листовой пластинки наиболее тонкая у растений популяции 2 и составляет  $20,548 \pm 0,91$  мкм.

Результаты средних значений морфометрических показателей листовых пластинок *F. karelinii* из различных популяций (табл. 1) свидетельствуют о том, общая толщина листовой пластинки у растений из популяции 3 выше, чем у растений популяции 2. Толщина верхнего и нижнего эпидермисов наиболее выражена у растений популяции 2. Фотосинтезирующая ткань лучше развита у растений из популяций 1 и 3, тогда как у растений популяции 2 данная структура представлена крупными аэренхимными клетками и отсутствием столбчатого мезофилла. Площадь проводящих пучков у *F. karelinii* из популяции 2 меньше, чем у растений 1 и 3 популяций. Это свидетельствует о ксерофитных признаках анатомического строения растений данных популяций.

Таблица 1

Морфометрические показатели листьев *Fritillaria karelinii* из трёх популяций

Популяция	Толщина, мкм			Площадь проводящих пучков, $\times 10^{-3}$ мм <sup>2</sup>
	верхнего эпидермиса	нижнего эпидермиса	листовой пластинки	
1	$0,320 \pm 0,41$	$0,502 \pm 0,12$	$25,380 \pm 0,83$	$12,21 \pm 0,05$
2	$0,410 \pm 0,32$	$0,654 \pm 0,78$	$20,548 \pm 0,91$	$9,33 \pm 0,09$
3	$0,356 \pm 0,24$	$0,563 \pm 0,28$	$27,510 \pm 0,57$	$14,42 \pm 0,08$

*F. karelinii* имеет первичное строение стебля, форма стебля округлая, слегка вытянутая, поверхность шероховатая (рис. 2). Стебель покрыт однослойной эпидермой с тонкой кутикулой. Под эпидермой располагается первичная кора. Первичная кора представлена однородными, округлыми клетками хлоренхимы. Количество слоев клеток хлоренхимы различно. У растений 1 и 2 популяций отмечены 3–4 слоя хлоренхимы, а у растений популяции 3 – 5–6 слоев. Далее следуют более крупные клетки основной паренхимы центрального осевого цилиндра. В клетках хлоренхимы и основной паренхимы встречаются единичные включения. Отличительной особенностью является наличие у растений популяции 2 многочисленных воздухоносных полостей (аэренхима). Отмечено, что аэренхима занимает большую часть стебля. Прокамбий полностью дифференцируется в первичные проводящие элементы.

Форма пучков на поперечном срезе округлая или овальная: ближе к периферии стебля располагаются элементы первичной флоэмы, а к центру – первичной ксилемы. Проводящие пучки коллатерального закрытого типа. Сосудисто-волокнистые пучки расположены беспорядочно. От периферии к центру стебля происходит увеличение размера пучков. Пространство между пучками занято основной паренхимой. Выявлено, что растения из популяций 1 и 3 по показателям толщины эпидермы и площади проводящих пучков более близки по показателям, тогда, как толщина хлоренхимного слоя имеет большее сходство у популяций 1 и 2. Наиболее выраженные мезофитные черты в организации стебля присущи третьей популяции (табл. 2).

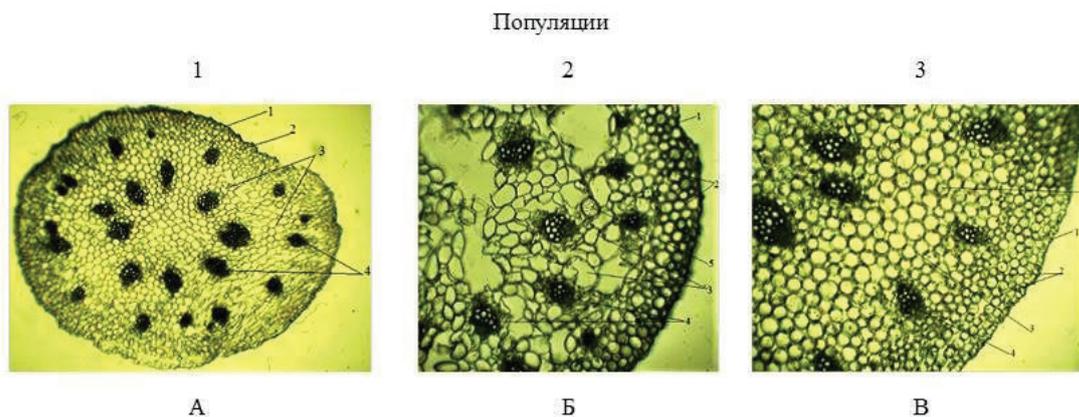


Рис. 2 А, Б, В. Анатомическое строение стебля *Fritillaria karelinii* (А – ув. x 100, Б, В – ув. x 140). Условные обозначения: 1 – эпидерма, 2 – хлоренхима, 3 – основная паренхима (аэренхима), 4 – закрытые коллатеральные пучки, 5 – включения.

Морфометрические показатели стеблей *Fritillaria karelinii*

Таблица 2

Популяция	Толщина эпидермы, мкм	Толщина хлоренхимного слоя, мкм	Площадь проводящих пучков, $\times 10^{-3} \text{мм}^2$
1	$0,288 \pm 0,54$	$19,05 \pm 0,19$	$0,42 \pm 0,16$
2	$0,390 \pm 0,71$	$18,35 \pm 0,83$	$0,48 \pm 0,61$
3	$0,291 \pm 0,99$	$26,86 \pm 0,51$	$0,43 \pm 0,08$

Анатомо-морфологическая структура придаточных корней *F. karelinii* (рис. 3) представлена первичным строением. Снаружи корни покрыты однорядными клетками эктодермы. Клетки эктодермы располагаются в определенном порядке и отличаются от других клеток формой и величиной. Клетки эктодермы у растений популяции 1–3 идентичны в строении, имеют неправильную сплюснутую форму с единичными остатками ризодермальных корневых волосков. У растений популяции 1 структуры придаточного корня располагаются упорядоченно, концентрическими слоями (отмечено 3 слоя паренхимных клеток), а у растений популяции 2 в структуре наблюдаются крупные клетки первичной коры, имеющие неупорядоченное строение (клетки аэренхимы располагаются 1–2 слоями). У растений популяции 3 клетки паренхимы крупные с волнистыми краями (2–3 слоя клеток). Внутренний слой коры представлен одним слоем клеток эндодермы. Эндодерма представляет на поперечном срезе кольцо из клеток, имеющих округло-прямоугольную форму, с тонкими целлюлозными стенками. Центральный цилиндр образован первичными ксилемными элементами, которые образуются из узко просветных трахей. Древесинная паренхима плохо развита. Флоэма 2–4-х сегментная, ситовидные и спутниковые клетки расположены между ксилемными лопастями, тонкостенные. Число групп ксилемы и флоэмы у каждого из корней индивидуально. Ксилемные группы смыкаются друг с другом в центре корня. Сердцевины в корнях нет. Результаты морфометрических показателей корней *F.karelinii* представлены в таблице 3. Отмечено, что толщина первичной коры и площадь ксилемных сосудов наиболее выраже-

ны у растений популяции 1. Растения популяции 2 отличаются наименьшим значением толщины первичной коры, что свидетельствует о более гигрофитном характере их структуры. Тогда, как диаметр центрального цилиндра имеет наибольший показатель.

Таблица 3

Морфометрические показатели придаточных корней *Fritillaria karelinii*

Популяция	Толщина первичной коры, мкм	Диаметр центрального цилиндра, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^{-3} \text{мм}^2$
1	$15,548 \pm 0,29$	$9,10 \pm 1,23$	$9,01 \pm 0,52$
2	$6,096 \pm 0,77$	$11,21 \pm 1,02$	$8,63 \pm 0,81$
3	$12,021 \pm 0,36$	$8,07 \pm 1,56$	$6,89 \pm 0,15$

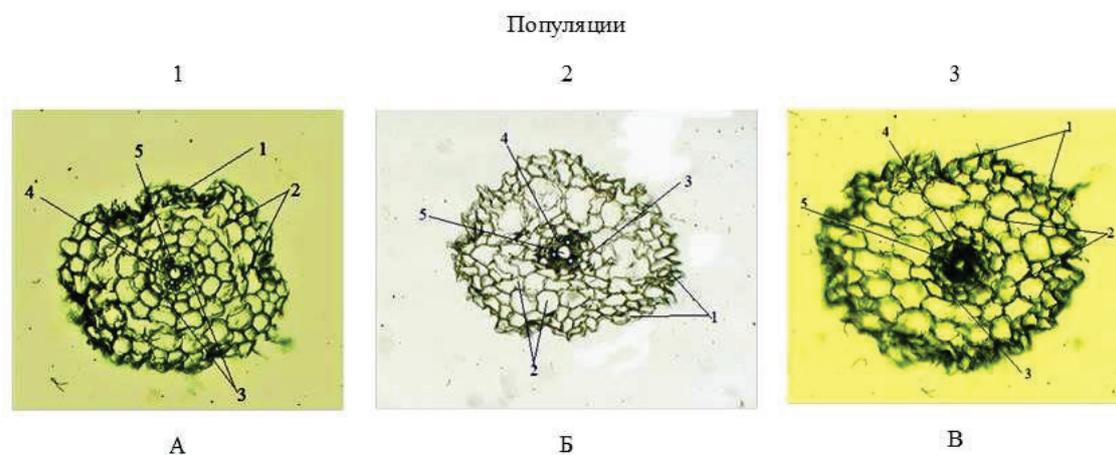


Рис. 3 А, Б, В. Анатомическое строение корня *Fritillaria karelinii* ((А, В – ув. х 100, Б – ув. х 140)). Условные обозначения: 1 – эктодерма, 2 – клетки паренхимы первичной коры, 3 – эндодерма, 4 – первичная флоэма, 5 – первичная ксилема.

Впервые проведенное анатомо-морфологическое исследование р. Карелина позволило выявить в строении вегетативных органов особенности, связанные с градиентом увлажнения местообитаний вида. В листовых пластинках, стебле, корне у растений популяции 2 отмечены наибольшее количество воздухоносных полостей (аэренхима), тонкие стенки стебля и корня, слабо развитая кутикула, наличие волосков из живых клеток эпидермиса для увеличения площади листа, что свидетельствует о гигрофитных чертах строения растений популяции 2 (Капшагайская). Наличие крупных устьиц позволяет обеспечить оптимальную транспирацию.

Растения популяций 1 (Богутинская) и 3 (Илийская) характеризуются более мезофитными чертами: у них хорошо развит столбчатый мезофилл листа, достаточное количество устьиц на нижней стороне листовых пластинок, хорошо структурирована паренхима стебля и корня.

Сравнение полученных результатов показало, что у исследуемого *F.karelinii* из разных мест произрастания степень развития аэренхимы, количество проводящих пучков в листьях и стеблях, развитие кутикулы на поверхности листа, количество слоёв и упорядоченность паренхимных клеток корня и стебля варьируют в зависимости от условий увлажнения мест произрастания вида.

**Благодарности.** Настоящая работа выполняется в рамках PhD докторской диссертации по теме: «Эколого-биологические особенности *Fritillaria karelinii* (Fisch. ex D. Don) Baker (сем. Liliaceae Juss.) в природных популяциях и в условиях культуры на юго-востоке Казахстана» (2019–2022 гг.) и научно-технической программы: BR10264557 «Кадастровая оценка современного экологического состояния флоры и растительных ресурсов Алматинской области как научная основа для эффективного управления ресурсным потенциалом» (2021–2023 гг.).

ЛИТЕРАТУРА

- Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятков А. Г.** – Справочник по ботанической микротехнике. – М.: МГУ, 2004. – 313 с.
- Государственная фармакопея СССР*, XI изд., вып. 1. – М.: Наука, 1987. – 334 с.
- Государственная фармакопея СССР*, XI изд., вып. 2. – М.: Наука, 1990. – 50 с.
- Иващенко А. А.** Тюльпаны и другие луковичные растения Казахстана. – Алматы: ИД «Две Столицы», 2005. – 192 с.
- Павлов Н. В.** Принципы составления «Флоры». Сокращения и обозначения // Флора Казахстана. – Т. 1. – Алма-Ата: Издательство Академии наук Казахской ССР, 1956. – Т. 1. – С. 31–32.
- Пермяков А. И.** Микротехника. – М.: МГУ, 1988. – С. 11–29.
- Прозина М. Н.** Ботаническая микротехника. – М.: МГУ, 1960. – 260 с.
- Chinese Pharmacopoeia Commission.* Pharmacopoeia of the People's Republic of China version. – Beijing: China Medical Science Press, 2015. – 349 p.
- Xiang L., Su Y., Li X., Xue G., Wang Q., Shi J., Wang L., Chen S.** Identification of *Fritillariae* bulbus from adulterants using ITS2 regions // *Plant Gene.*, 2016. – Vol. 7. – P. 42–49.