

Анатомическое строение надземных и подземных органов *Ferula foetida* (Bunge) Regel в природных популяциях Мангистау

А. А. ИМАНБАЕВА¹, К. Н. САРСЕНБАЕВ², М. С. САГЫНДЫКОВА^{1,2}

¹ Мангышлакский экспериментальный ботанический сад
130000, Актау, 10 микрорайон
E-mail: imangarden@mail.ru

² Евразийский Национальный университет им. Л. Н. Гумилева
010000, Астана, ул. Мунаймасова, 5
E-mail: kanat-50@mail.ru

Статья поступила 04.06.2015

Принята к печати 23.06.2015

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты анатомического исследования подземных и надземных органов *Ferula foetida* (Bunge) Regel разного возраста, произрастающего в песках Туйесу на юге п-ова Мангышлак. Выявлено, что диагностическими признаками сырья ферулы вонючей являются форма и строение клеток эпидермиса, наличие простых одно- и многоклеточных трихом, размещение проводящих пучков и строение схизогенных и схизо-лизигенных вместилищ в коровой паренхиме корня, листьях, листовых черешках и над проводящими пучками стебля. Накопление смол и камеди ферулы вонючей приурочено к вместилищам схизогенного и схизо-лизигенного происхождения. Стебли и листья разновозрастных растений имеют сходную анатомическую структуру, на которой хорошо выражены все типы тканей. Корни разновозрастных особей ферулы вонючей отличаются по количеству элементов проводящей зоны и по толщине основных элементов, таких как коровая паренхима, диаметр ксилемных сосудов и просветов вместилищ.

Ключевые слова: *Ferula foetida*, анатомическое исследование, строение вегетативных органов, Мангистау, пески Туйесу.

Растения рода *Ferula* L. с древнейших времен применялись в народной медицине различных государств (Средней Азии, Иране, Китае, Индии и др.) для лечения различных заболеваний. Многие виды ферул издавна используются как растения, содержащие ценные лекарственные смолы и камеди [Iranshahy, Iranshahi, 2011] в качестве противо-

судорожного и глистогонного средства, при некоторых нервных заболеваниях, болезнях суставов и крови. Китайская медицина камедь-смолу использует как общеукрепляющее и тонизирующее средство при невротении [Зубайдова и др., 2013], истерии, вегетативных неврозах, простудных заболеваниях, некоторых заболеваниях кожи, как

отхаркивающее, противосудорожное, и в смеси с другими лекарственными веществами при туберкулезе легких, экссудативном диатезе, отитах, лимфаденитах. В народной медицине Средней Азии камедь-смола используются как глистогонное средство, а молодые листья, смешанные с кислым молоком, употребляются при сифилисе и злокачественных опухолях. Из млечного сока корней растения получают пряность, напоминающую чесночный порошок [Roopam, Bisht, 2012].

Представители данного рода произрастают в восточной части Средиземного региона, Центральной Азии, Афганистане, Пакистане, Иране, Турции, Китае и Италии [Fatemeh et al., 2014].

Ферула вонючая широко распространена в равнинной части Западного Тянь-Шаня, Западного Памиро-Алая, низкогорья южного Таджикистана, Узбекистане, на юге Казахстана – по берегам Сырдарьи, в Чу-Илийских горах, Кызылкумском и Туркестанском флористических районах [Камелин, 1973; Сафина, 2012], в западной части Казахстана – на п-ове Мангышлак, в Северном и Южном Устюрте [Аралбай и др., 2006]. На данных территориях вид обитает как на лессовых, лессово-щебенистых подгорных равнинах, закрепленных и полужакрепленных песках, так и в поясах полынных, саксауловых и солянковых пустынях, часто как доминант весенних сообществ [Зубайдова и др., 2012].

В Казахстане одним из перспективных видов для введения в практическое использование в качестве лекарственного растения является ферула вонючая – *Ferula foetida* (Bunge) Regel. Это предполагает изучение общей характеристики вида (распространение, сырьевые запасы, экология), макро- и микроскопических показателей и химического состава отдельных органов.

Таким образом, возникла необходимость комплексного исследования анатомо-морфологических характеристик надземных и подземных органов ферулы вонючей для выявления диагностических особенностей лекарственного растительного сырья и мест локализации биологически активных веществ.

Цель настоящего исследования – изучение анатомического строения надземных и

подземных органов *Ferula foetida*, произрастающего в природных популяциях Мангыстау.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись надземные (листья и стебли) и подземные (корни) органы *Ferula foetida*, собранные в фазе начала вегетации (апрель – май 2014 г.) из природных мест обитания песков Туйесу, в возрасте 1–5 лет. Пески Туйесу расположены в южной части п-ова Мангышлак, где ферула участвует в саксаулово-ферулово-полынно-псаммофитнокустарниковых ассоциациях. Рельеф с понижениями, бугристо-грядовый, волнистый, с закрепленным песчаным массивом. Доминантом в сообществе выступает *Haloxylon aphyllum*, содоминантом – *Ferula foetida*. Видовой состав представлен 15–20 видами (*Calligonum leucocladum*, *C. caput-medusae*, *Krascheninnikowia ceratoides*, *Astragalus ammodendron*, *A. karakugensis*, *Artemisia santolina*, *A. tschernieviana*, *Salsola arbuscula*, *Atraphaxis replicata*, *Echinops ritro*, *Acanthophyllum korolkowii*, *Eremurus anisopterus*, *Carex phytodes*, *Agropyron fragile*, *Stipa caspia* и др). Общее проектное покрытие составило 50–65%. Характер растительности – пустынный, почвы – песчаные. Экологическая группа вида – ксерофит (склерофит), псаммофит, гелиофит, индифферентный, эфемероид; жизненная форма – травянистый клубне-луковичный многолетник. Анатомическое исследование растений проведено согласно с методическими указаниями М. Н. Прозиной [1960], А. А. Долговой и Е. Я. Ладыгиной [1977], В. Н. Вехова с соавт. [1980]. Образцы живых растений фиксировали в смеси глицерин : вода : этанол 96 % (1 : 1 : 1). Изготовление временных препаратов (поверхностные и давленные препараты, поперечные срезы) производилось по общепринятым методикам [Вехов и др., 1980] с использованием замораживающего микротомы МЗП-01 Техноном. Осветление препаратов проводили при помощи глицерина. Фотографии микропрепаратов и замеры клеточных структур выполнены на сканирующем микроскопе МТ Melji-Techno, камера BisionCam V 500В. Цифровые фотографии получены при увеличении окуляра и

объектива 10 × 4, 10 × 10, 10 × 40, 10 × 100. Пояснительные рисунки выполняли вручную с полученных фотографий. При описании анатомического строения использовалась терминология, предложенная К. Эзау [1980], Н. А. Анели [1975], Л. И. Лотовой [2007]. Измерения проводили с помощью электронной линейки программы BisionBio. Полученные результаты получены в мкм и занесены в сводные таблицы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ferula foetida – многолетнее мощное травянистое растение с крупным мясистым корнем конусовидной формы и губчатым стеблем внутри, ветвящимся сверху и несущим густое, почти шаровидное соцветие. Цветет в апреле; плодоносит в апреле-мае. Высота стебля растений может достигать 0,5–1,5 м. Растение относится к видам, для которых характерно цветение в самом конце жизни и полное отмирание после плодоношения. Цветение ферулы происходит на 5–7 год развития [Сафина, 2012]. По циклу развития вид относится к эфемероидам, т. е. многолетним растениям с коротким, обычно весенним, периодом развития [Гладышев, 2001].

В прегенеративном периоде онтогенеза растения ежегодно образуют розетку листьев. В связи с особенностями развития у *Ferula foetida* наблюдается только моноподиальное нарастание осевого стебля, сначала укороченного вегетативного, после ортотропного надземного. Подземная часть вида массивная и сложно устроенная, состоит из корня и стебле-корня (каудекса), который, в свою очередь, представляет собой сложное образование из частей как стеблевого, так и корневого происхождения [Сафина, Пименов, 1984]. В частности, у ферулы вонючей стебле-корень состоит из сильно разросшегося подземного укороченного побега, который ниже переходит в разросшуюся базальную часть корня. На поверхности стебле-корня хорошо видны рубцы – остатки крепления черешков листьев, которые отмирают в течение нескольких дней и образуют войлочное покрытие.

Обзор имеющихся литературных сведений по изучению анатомического строения [Фа-

temeh et al., 2014] показал, что для изучаемого вида ферулы вонючей имеются единичные работы по плодам, вегетативным надземным органам (листья и стебли); в Казахстане анатомические исследования по феруле вонючей проведены только для плодов [Сафина, 2012]. Данные по этому виду, произрастающему в северо-восточной части Ирана, имеют некоторые отличия.

Климат северо-восточной части Ирана, где произрастает ферула вонючая, – аридный континентальный, в отличие от Мангышлака, который относится к резко континентальному, с жарким сухим летом и холодной малоснежной зимой, сильным колебанием низких температур и сильными ветрами. Отличия в анатомическом строении надземных органов будут отражены в статье при описании результатов работы. Исследования по анатомическому строению подземных вегетативных органов ферулы вонючей выполнены впервые.

Анатомическое строение стебля *Ferula foetida*. У ферулы вонючей на начальном этапе стебли имеют опушение, которое опадает и практически не сохраняется до периода плодоношения. Можно отметить редкие простые многоклеточные трихомы. Кора стебля в конце его развития слущивается. Ветвление очередное, однако в верхней части боковые ветви могут настолько сближаться, что напоминают мутовчатое расположение.

Внутреннее строение стебля ферулы вонючей типично для представителей семейства *Ariaceae*. Так, под эпидермисом расположены 2–3 слоя хлорофиллоносных клеток (хлоренхима), чередующихся с участками угловой колленхимы, имеющей почковидную форму на поперечном срезе (рис. 1). Проводящие пучки коллатеральные, расположены кольцом, наблюдается чередование более крупных пучков с более мелкими. Склеренхимные волокна образуют тяжи в виде “шапок” со стороны флоэмы пучков. Кроме периферических, имеются и медуллярные проводящие пучки, которые отличаются по форме и ориентации в стебле. Узлы стебля, на которых расположены листья, многопучковые и многолакунные. Из пучков листового следа в лакуны входят сначала медиальные, а после латеральные участки.

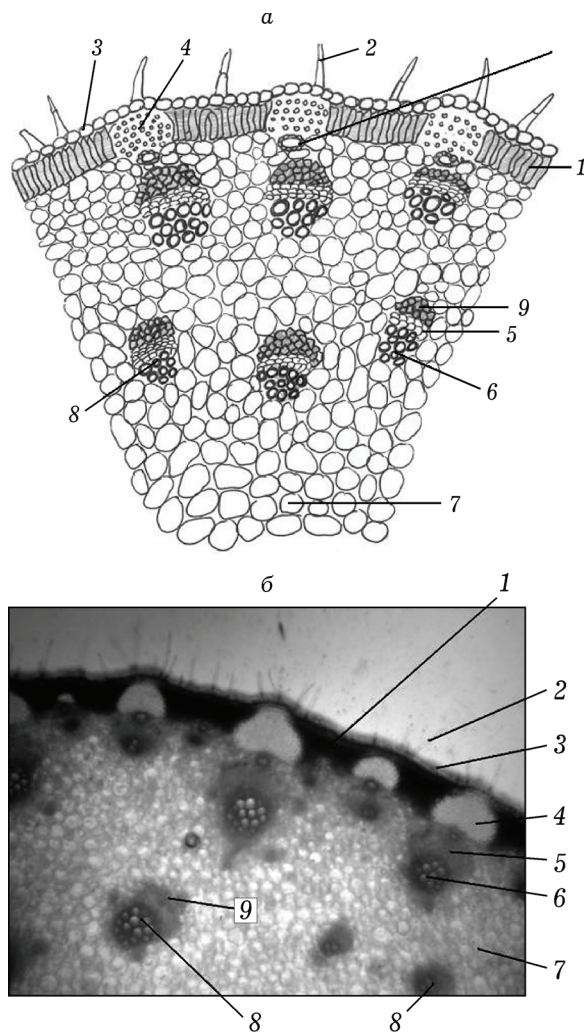


Рис. 1. Поперечный срез стебля (участок) *Ferula foetida*: а – схема строения участка, б – микрофотография. 1 – хлоренхима, 2 – простые многоклеточные трихомы, 3 – эпидермис, 4 – угловая колленхима, 5 – флоэма, 6 – ксилема, 7 – паренхима, 8 – медиальные проводящие пучки, 9 – склеренхима

Для ферулы вонючей, произрастающей в северо-восточной части Ирана и Мангышлака, отмечен сходный тип общего строения стебля. Отличия наблюдаются в количестве механических элементов, таких как колленхима и склеренхима, и в форме проводящих пучков. Вместилища в стебле ферулы вонючей, произрастающей в северо-восточной части Ирана, крупнее по размеру.

Анатомическое строение листьев *Ferula foetida*. Листья ферулы тройчатые, сложные, рассеченные до черешка, с хорошо развитым крупным черешком. В нижней части че-

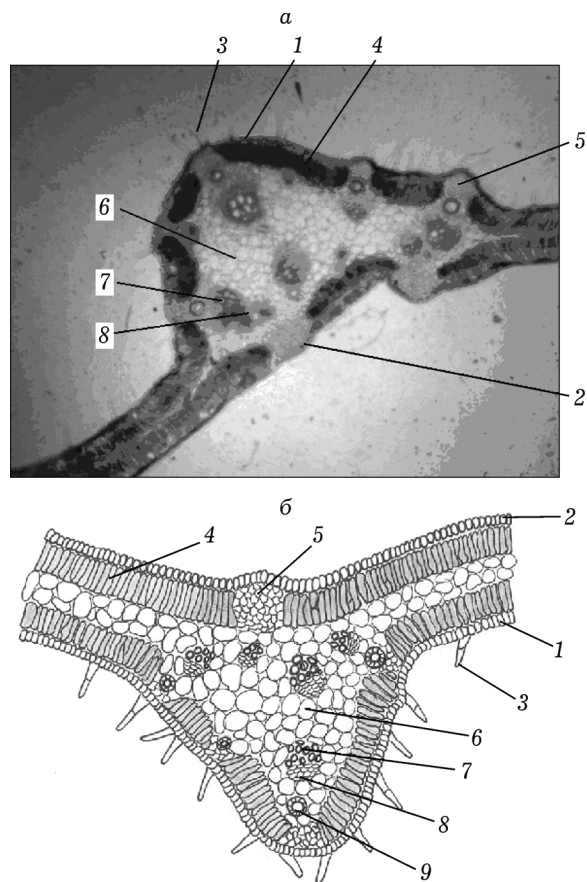


Рис. 2. Анатомическое строение листа *Ferula foetida* в области главной жилки, поперечный срез: а – микрофотография, б – схема участка листа. 1 – нижний эпидермис, 2 – верхний эпидермис, 3 – простые многоклеточные трихомы, 4 – столбчатый мезофил, 5 – колленхима, 6 – губчатый мезофил, 7 – ксилема, 8 – флоэма, 9 – схизогенные вместилища

решок переходит во вздутое влагалище. Пластинки листьев, их конечные доли, несмотря на произрастание в пустыне, мезоморфные и мягкие, что подтверждается их анатомическим строением. По-видимому, это связано с эфемероидным типом вегетации, когда развитие ферулы приходится на сравнительно влажный ранний весенний период. Поверхность листа покрыта редкими трихомами, имеющими аналогичное эпидермису стебля строение. Расположены они преимущественно с нижней стороны листьев.

На поперечном срезе в области главной жилки лист инвентированного бифациального типа (рис. 2), т. е. наблюдается развитие столбчатого мезофила как под верхним, так и под нижним эпидермисом. Столбчатые клет-

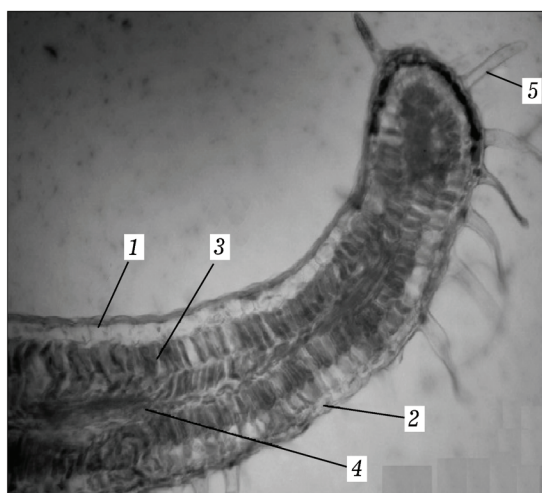
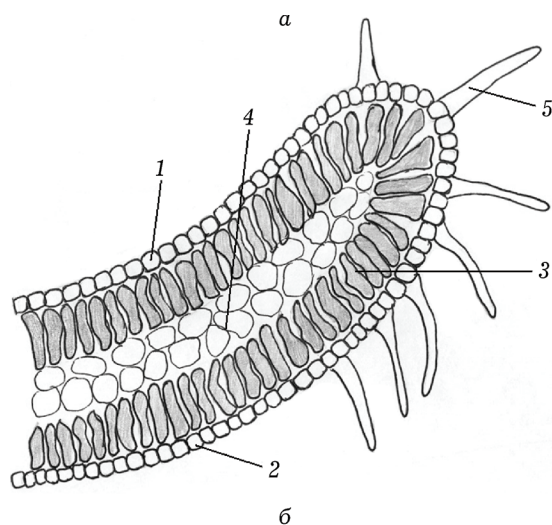


Рис. 3. Анатомическое строение листа *Ferula foetida* в области боковой части, поперечный срез: а – схема участка поперечного среза листа, б – микрофотография. 1 – верхний эпидермис, 2 – нижний эпидермис, 3 – столбчатый мезофил, 4 – губчатый мезофил, 5 – трихома

ки расположены в 1–2 ряда. Клетки эпидермиса на поперечном срезе прямоугольной формы, плотно прилегают друг к другу, межклетники не выражены. Поверхность клеток покрыта слоем кутикулы, выполняющей защитную и отражательную функции.

В области крупных жилок наблюдается хорошее развитие губчатой ткани, а столбчатая прерывается участками пластинчатой колленхимы. Под тяжами колленхимы отмечено залегание схизогенных вместилищ округлой формы с толстыми и темно-окрашенными стенками. Проводящие пучки многочисленные, коллатерального типа (ксилема сверху,

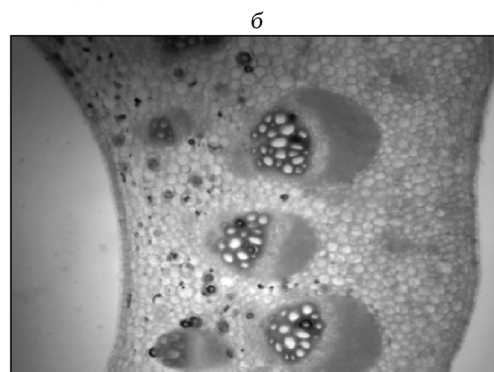
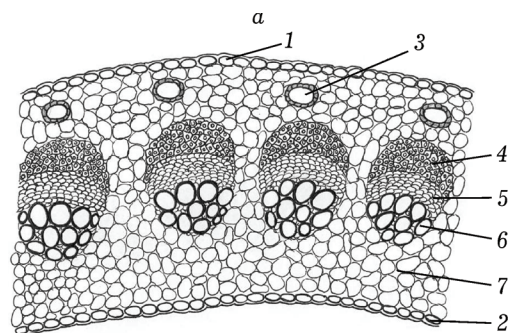


Рис. 4. Схема анатомического строения черешка листа *Ferula foetida*, поперечный срез: а – схема, б – микрофотография. 1 – нижний эпидермис, 2 – верхний эпидермис, 3 – схизогенные вместилища, 4 – склеренхима, 5 – флоэма, 6 – ксилема, 7 – недифференцированный мезофил

флоэма снизу), закрытые (камбий отсутствует). Боковые части листьев имеют пластинчатое строение (рис. 3), практически не содержат колленхимы, вместилищ и проводящих элементов.

Имеются отличия в строении мезофилла листа *Ferula foetida* различного географического происхождения. Листовой черешок широкий, уплощенный в дорзо-вентральном направлении (рис. 4), с обеих сторон окаймленный верхним и нижним эпидермисом. Под нижним эпидермисом отмечено залегание схизогенных вместилищ, округлой или овальной формы, расположенных в ряд, хотя для ферулы вонючей, распространяющейся на севере-востоке Ирана, указан дорзо-вентральный тип строения (столбчатый мезофил под верхним эпидермисом, губчатый мезофил – под нижним эпидермисом).

Проводящие пучки коллатеральные, закрытого типа, размещены по центру, образуя продольную линию, в отличие от представителей северо-восточной части Ирана.

Каждый пучок со стороны флоэмы окаймлен участком склеренхимы для увеличения прочности черешка. Остальная часть черешка заполнена мезофиллом, не дифференцированным на столбчатую и губчатую ткани.

Особенности анатомического строения надземных органов ферулы вонючей показали, что диагностическими признаками сырья являются форма и строение клеток эпидермиса, наличие простых одно- и многоклеточных трихом, размещение проводящих пучков и строение схизогенных и схизо-лизигенных вместилищ в коровой паренхиме корня, листьях, листовых черешках и над проводящими пучками стебля.

Накопление смол и камедей ферулы вонючей приурочено ко всем изученным вегетативным органам растения; локализация – во вместилищах схизогенного и схизо-лизигенного происхождения листьев, стебля и корня. Наибольшее количество вместилищ отмечено в коровой паренхиме многолетнего корня.

Сравнение с внутренним строением вегетативных органов других видов ферулы [Сафина, 2012; Ахметова и др., 2013; Fatemeh et al., 2014] показало, что изученный нами вид имеет сходное с ферулой илийской строение листьев, но отличается наличием вместилищ схизогенного и схизо-лизигенного происхождения во внутреннем строении стебля и корня. Форма проводящих элементов у ферулы вонючей, произрастающей на северо-востоке Ирана и Мангышлаке совпадает, хотя ширина проводящих пучков больше у ферулы, собранной в песках Туйесу.

Анатомическое строение корней *Ferula foetida*

Молодые корни ферулы вонючей снаружи покрыты бурой, часто отслаивающейся плотной пробковой покровной тканью (рис. 5), которая граничит с коровой паренхимой. В коровой зоне отмечены мелкие овальные вместилища схизогенного происхождения, а также паренхимные лучи.

Эндодерма представляет собой сильно пористую структуру, служащую для пропускания веществ и запасания крахмала. В результате деятельности паренхимных клеток флоэмы и перицикла образуется замкнутый лентовидный слой камбиальных клеток, огибающий лучи ксилемы с наружной стороны, а лучи флоэмы – с внутренней.

Центральный цилиндр корня состоит из перицикла и сложного радиального проводящего пучка, в котором тяжи протоксилемы чередуются с тяжами протофлоэмы. У молодых корней ферулы вонючей (однолетние растения) отмечены 3-архные радиальные проводящие пучки.

Позже, по мере развития и утолщения корня, волнистая линия камбия разрывается, центральный цилиндр расщепляется с образованием отдельных массивов проводящей ткани (рис. 6). Дальнейшее развитие данного процесса ведет к формированию отдельных центроксилемных пучков с разбросанным или круговым расположением. В этот период происходит закладка многочисленных вместилищ, образующихся в основном в коровой паренхиме (рис. 7). На начальном этапе вместилища имеют схизогенное происхождение,

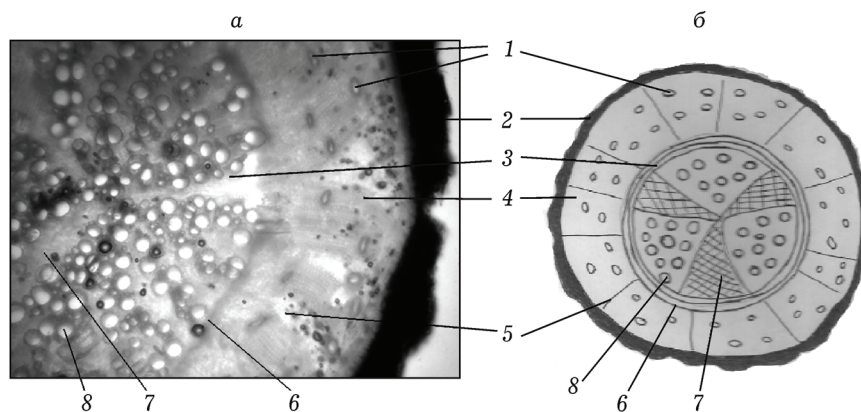


Рис. 5. Анатомическое строение молодого корня *Ferula foetida* на поперечном срезе. а – микрофотография, б – схема. 1 – схизогенные вместилища, 2 – пробка, 3 – камбий, 4 – коровая паренхима, 5 – паренхимные лучи, 6 – эндодерма, 7 – флоэма, 8 – ксилема

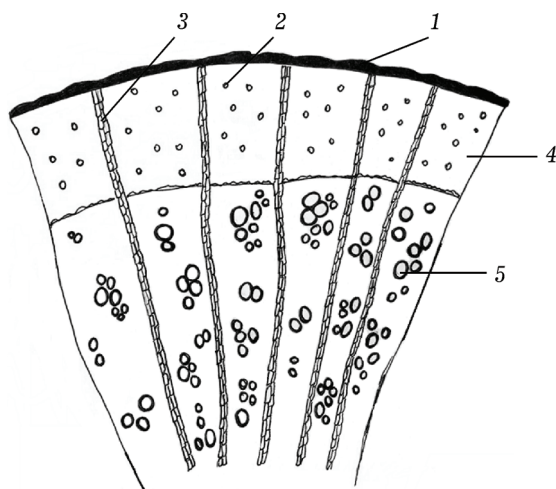


Рис. 6. Схема поперечного среза участка 4-летнего корня *Ferula foetida*: 1 - корка, 2 - вместилища, 3 - паренхимные лучи, 4 - зона коровой паренхимы, 5 - ксилемные пучки

однако по мере роста приобретают схизолизигенный характер.

Замеры клеточных структур и тканей.

Для стебля анализ клеточных и тканевых структур ферулы вонючей (толщина эпидермиса, длина и ширина трихом, толщина зоны хлоренхимы, длина и ширина крупных и мелких проводящих пучков) (табл. 1) показал, что для разновозрастных растений не наблюдается достоверной разницы, различия составляют не более 0,01–0,05 мкм.

Примерно аналогичная картина складывается по строению листьев ферулы вонючей (табл. 2). Внутренние структуры не имеют значительных отличий по возрастам, исключение составляет толщина листовой пла-

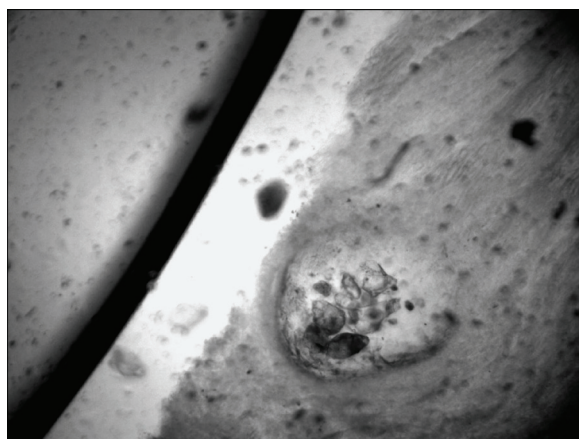


Рис. 7. Образование схизо-лизигенного вместилища в коровой паренхиме *Ferula foetida*

Т а б л и ц а 1
Мерные показатели отдельных клеток и тканей стебля *Ferula foetida* по точкам сбора и возрастам, мкм

Возраст, лет	Толщина эпидермиса	Длина трихомы	Ширина трихомы	Толщина хлоренхимы	Толщина колленхимы	Длина крупных проводящих пучков	Ширина крупных проводящих пучков	Длина мелких проводящих пучков	Ширина мелких проводящих пучков
1	0,32 ± 0,003	1,78 ± 0,07	0,24 ± 0,006	1,04 ± 0,02	1,62 ± 0,07	2,34 ± 0,04	2,39 ± 0,03	1,17 ± 0,07	1,17 ± 0,07
2	0,33 ± 0,008	1,89 ± 0,02	0,25 ± 0,009	1,12 ± 0,03	1,83 ± 0,04	2,08 ± 0,18	1,59 ± 0,19	1,03 ± 0,10	0,78 ± 0,04
2	0,32 ± 0,008	1,90 ± 0,01	0,21 ± 0,009	1,09 ± 0,02	1,73 ± 0,02	2,29 ± 0,04	2,02 ± 0,03	1,29 ± 0,02	0,96 ± 0,02
3	0,33 ± 0,008	1,92 ± 0,008	0,26 ± 0,01	1,18 ± 0,02	1,55 ± 0,02	2,36 ± 0,02	2,24 ± 0,04	1,43 ± 0,03	0,96 ± 0,02
3	0,36 ± 0,008	1,89 ± 0,01	0,21 ± 0,007	1,14 ± 0,02	1,44 ± 0,04	2,36 ± 0,02	2,44 ± 0,02	1,40 ± 0,008	0,85 ± 0,02
4	0,36 ± 0,01	1,92 ± 0,007	0,22 ± 0,01	1,29 ± 0,005	1,88 ± 0,02	2,54 ± 0,02	2,28 ± 0,04	1,35 ± 0,02	1,14 ± 0,097
4	0,36 ± 0,008	1,91 ± 0,01	0,24 ± 0,01	1,30 ± 0,009	1,88 ± 0,03	2,47 ± 0,02	2,39 ± 0,03	1,32 ± 0,01	1,04 ± 0,02
5	0,37 ± 0,006	1,86 ± 0,02	0,22 ± 0,008	1,31 ± 0,01	1,94 ± 0,01	2,40 ± 0,02	2,43 ± 0,02	1,46 ± 0,02	1,04 ± 0,02

Т а б л и ц а 2

Мерные показатели отдельных клеток и тканей листа *Ferula foetida* по точкам сбора и возрастам, мкм

Возраст, лет	Толщина листа в области средней жилки	Диаметр проводящего пучка	Толщина нижнего эпидермиса	Толщина верхнего эпидермиса	Диаметр просвета вместилища	Толщина на колленхимы	Длина трихомы	Толщина губчатого мезофила под верхним эпидермисом	Толщина губчатого мезофила под нижним эпидермисом	Ширина листа в боковой части	Толщина флоэмы в проводящем пучке	Толщина ксилемы в проводящем пучке	Толщина трихом
1	14,51±0,43	1,48±0,02	0,44±0,03	0,29±0,01	0,35±0,02	0,91±0,04	0,97±0,07	0,93±0,03	0,94±0,03	3,17±0,01	0,53±0,03	0,98±0,04	0,25±0,01
2	15,68±0,22	2,32±0,05	0,41±0,01	0,33±0,01	0,42±0,02	1,22±0,03	1,14±0,03	1,05±0,02	0,98±0,02	3,64±0,07	0,59±0,02	1,21±0,01	0,26±0,01
2	13,82±0,12	1,85±0,04	0,39±0,01	0,31±0,01	0,44±0,01	1,21±0,02	1,00±0,02	1,05±0,02	0,91±0,01	3,60±0,03	0,49±0,01	1,16±0,02	0,27±0,01
3	11,76±0,09	2,22±0,04	0,43±0,02	0,31±0,005	0,33±0,01	0,94±0,01	1,05±0,01	0,87±0,03	0,85±0,01	3,40±0,06	0,46±0,01	1,13±0,03	0,25±0,01
3	14,24±0,12	2,12±0,01	0,39±0,01	0,34±0,01	0,41±0,02	1,02±0,02	1,15±0,02	1,03±0,02	0,96±0,01	3,54±0,03	0,48±0,01	1,13±0,02	0,24±0,02
4	14,19±0,02	2,05±0,02	0,39±0,01	0,33±0,01	0,46±0,02	1,19±0,02	1,13±0,03	0,88±0,01	0,86±0,01	3,59±0,04	0,50±0,01	1,21±0,02	0,25±0,01
5	15,19±0,13	2,22±0,03	0,43±0,01	0,36±0,01	0,45±0,01	1,20±0,02	1,22±0,02	1,09±0,02	0,95±0,01	3,83±0,02	0,48±0,01	1,21±0,01	0,27±0,01

стины в области средней жилки, где характер изменений составляет 1–4 мкм.

В отличие от ежегодно обновляемых надземных органов, корень ежегодно нарастает, в результате чего меняет свое анатомическое строение. Так, молодой однолетний корень имеет 3-архное строение проводящей зоны, тогда как для 3-летнего корня отмечены 4–5-архные проводящие пучки, для 4-летнего корня – 6–8-архные, для 5-летнего – 9–15-архные пучки. То есть в процессе развития происходит постепенное увеличение тяжести ксилемы и флоэмы в проводящей зоне корня. По мере роста корня увеличиваются его длина и толщина, что ведет к более активному нарастанию отдельных анатомических зон (табл. 3).

Толщина коровой зоны ферулы вонючей для однолетних растений составила 11,09 мкм, для 2-летних – 12,51–14,84 мкм, для 3-летних – 17,07–17,95 мкм, для 4-летних – 18,52–19,14 мкм, для 5-летних – 19,91 мкм. Таким образом, если сравнивать рост растений по отношению к первому году вегетации (табл. 4), то на второй год отмечено увеличение коровой зоны корня на 1,42–3,75 мкм, на третий – на 5,98–6,9 мкм, на четвертый – на 7,43–8,05 мкм, на пятый – на 8,8 мкм.

Аналогичные показатели выявлены и для остальных структур. Так, толщина коровой паренхимы на второй год вегетации увеличивается на 0,29–1,31 мкм, на третий – на 5,84–7,37 мкм, на четвертый – на 7,43–7,84 мкм, на пятый – на 7,71 мкм.

Идут в рост и вместилища. На начальном этапе они формируются как схизогенные, т. е. происходит обособление содержимого в паренхиме корня с формированием защитной обкладки. В дальнейшем, по мере роста корня и накопления вторичных метаболитов, содержимое начинает растворять окружающие клетки, а вместилища уже носят схизо-лизигенный характер. На второй год развитие вместилища увеличиваются на 0,03–0,07 мкм, на третий год вегетации – на 0,07–0,08 мкм, на четвертый – на 0,08–0,11 мкм, на пятый – на 0,11 мкм.

Исключение в постепенном росте отдельных анатомических структур составляет диаметр ксилемных сосудов. На первичном этапе развития формируются крупно-просвет-

Т а б л и ц а 3

Мерные показатели отдельных клеток и тканей корня *Ferula foetida* по точкам сбора и возрастам, мкм

Возраст, лет	Толщина коровой зоны	Толщина коровой паренхимы	Толщина корки	Диаметр просветов схизо-лизигенных вместилищ	Диаметр ксилемных сосудов
1	11,09 ± 0,29	8,67 ± 0,16	2,98 ± 0,04	0,42 ± 0,02	0,73 ± 0,03
2	14,84 ± 0,12	8,96 ± 0,96	4,14 ± 0,08	0,45 ± 0,02	0,43 ± 0,02
2	12,51 ± 0,24	9,98 ± 0,07	4,52 ± 0,10	0,49 ± 0,01	0,43 ± 0,02
3	17,95 ± 0,11	15,75 ± 0,08	4,58 ± 0,09	0,50 ± 0,008	0,62 ± 0,02
3	17,07 ± 0,05	14,51 ± 0,10	4,29 ± 0,03	0,53 ± 0,02	0,59 ± 0,01
4	19,14 ± 0,15	16,51 ± 0,13	3,09 ± 0,02	0,46 ± 0,01	0,65 ± 0,01
4	18,52 ± 0,21	16,10 ± 0,04	3,23 ± 0,02	0,44 ± 0,02	0,50 ± 0,01
5	19,91 ± 0,11	16,38 ± 0,08	3,99 ± 0,03	0,53 ± 0,008	0,75 ± 0,02

Т а б л и ц а 4

Прирост элементов клеток и тканей корня *Ferula foetida* по годам вегетации, мкм

Возраст, лет	Толщина коровой зоны	Толщина коровой паренхимы	Толщина корки	Диаметр просветов схизогенных вместилищ
1	–	–	–	–
2	1,43–3,75	0,29–1,31	1,16–1,54	0,03–0,07
3	5,98–6,9	5,84–7,37	1,31–1,6	0,07–0,08
4	7,43–8,05	7,43–7,84	0,11–0,25	0,08–0,11
5	8,8	7,71	1,01	0,11

ные первичные ксилемные сосуды. В дальнейшем происходит отмирание первичных образовательных тканей, которые, сменяясь на вторичные, начинают продуцировать более мелкие ксилемные элементы. Первичные ксилемные сосуды при росте корня сдавливаются и уменьшают свой просвет. Поэтому проведенные замеры показывают некоторое уменьшение размеров ксилемы на второй и последующие годы развития.

Кроме того, нестабильным признаком является толщина корки, т. е. третичной покровной ткани, так как по мере роста происходит ее постепенное сдувание с корня. В результате, данный признак в большей степени зависит от климатических условий года и структуры почвы, чем от возраста растения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) исследование анатомического строения вегетативных органов (корни, стебли и лис-

тя) ферулы вонючей показало, что диагностическими признаками сырья ферулы вонючей являются форма и строение клеток эпидермиса, наличие простых одно- и многоклеточных трихом, размещение проводящих пучков и строение схизогенных и схизо-лизигенных вместилищ в коровой паренхиме корня, листьях, листовых черешках и над проводящими пучками стебля;

2) накопление смол и камеди ферулы вонючей приурочено к вместилищам схизогенного и схизо-лизигенного происхождения, которые обнаружены во внутреннем строении листьев, стебля и корня;

3) стебли и листья разновозрастных растений ферулы вонючей имеют сходную анатомическую структуру, на которой хорошо выражены все типы тканей: покровная, ассимиляционная, механическая и проводящая. Такие незначительные отличия в строении стебля и листа связаны с тем, что надземные органы ферулы не сохраняются на протяжении всей жизни, а ежегодно отмирают осенью и заново отрастают в весенний период. Анатомическое строение надземных вегетативных

органов у ферулы, произрастающей на северо-востоке Ирана и Мангышлаке несколько отличается, что может быть связано с экологическими условиями произрастания;

4) корни разновозрастных особей ферулы зонтичной отличаются по количеству элементов проводящей зоны и по толщине основных элементов, как коровая паренхима, диаметр ксилемных сосудов и просветов вместилищ. Это объясняется тем, что корни растут на протяжении всего периода онтогенеза, что ведет к изменению, как особенностей пучкового строения, так и отдельных размеров клеток и тканей.

ЛИТЕРАТУРА

- Анели Н. А. Атлас эпидермы листа. Тбилиси: Мецниереба, 1975. 108 с.
- Аралбай Н. К., Кудабаяева Г. М., Иманбаяева А. А., Веселова П. В., Данилов М. П., Курмантаева А. А., Шадрина Н. В., Касенова Б. Т. Государственный кадастр растений Мангыстауской области. Конспект высших сосудистых растений. Актау: Классика, 2006. 301 с.
- Ахметова А., Мухитдинов Н., Ыдырыс А. Анатомическое исследование вегетативных органов редкого и эндемичного вида *Ferula iliensis* Krasn. ex Korov. // Modern Phytomorphology. 2013. N 4. P. 223–227.
- Вехов В. Н., Лотова Л. И., Филин В. Р. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1980. 560 с.
- Гладышев А. И. Ферулы – источники уникальных лечебных смол // Природа. 2001. №12 (1036). С. 57–62.
- Долгова А. А., Ладыгина Е. Я. Руководство к практическим занятиям по фармакогнозии. М.: Медицина, 1977. 255 с.
- Зубайдова Т. М., Джамшедов Дж. Н., Ходжиматов М., Назаров М. Н., Исупов С. Д., Загребельный И. А., Самандаров Н. Ю., Сухробов П. Ш. Применение ферулы зонтичной в древне-традиционной и народной медицине // Вестн. Тадж. нац. ун-та. Сер. естественных наук. 2013. № 1/2(106). С. 204–212.
- Камелин Р. В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1973. 356 с.
- Лотова Л. И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений. М.: КомКнига, 2007. 512 с.
- Прозина М. Н. Ботаническая микротехника. М.: Высш. шк., 1960. 206 с.
- Сафина Л. К. Ферулы Средней Азии и Казахстана / Тр. Института ботаники и фитоинтродукции. Алматы: ЛЕМ, 2012. Т. 18 (3).
- Сафина Л. К., Пименов М. Г. Ферулы Казахстана. Алматы: Наука Казах.ССР, 1984. 100 с.
- Эзау К. Анатомия семенных растений. М.: Мир, 1980. Т. 1. 580 с.; Т. 2. 350 с.
- Fatemeh (Aida) A., Jafari A., Shahrokhbady K. N. Comparative Anatomical Study on *Ferula* L. species in NE Iran // Greener Journ. Biol. Sci. 2014. Vol. 4 (4). P. 103–110.
- Iranshahy M., Iranshahi M. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of asafoetida (*Ferula assafoetida* oleo-gum-resin) – a review // J. Ethnopharmacol. 2011. Vol. 134, N 1. P. 1–10.
- Poonam M., Bisht Sh. *Ferula asafoetida*: Traditional uses and pharmacological activity // Pharmacogn. Rev. 2012. Vol. 6, N 12. P. 141–146.

Anatomic Structure of Above- and Underground Organs of *Ferula foetida* (Bunge) Regel in Mangistau Natural Populations

A. A. IMANBAYEVA¹, K. N. SARSENBAYEV², M. S. SAGYNDYKOVA^{1,2}

¹ Mangyshlak Experimental Botanical Garden, SC of MES RK
130000, Kazakhstan, Aktau, Micro-District, 10
E-mail: imangarden@mail.ru

² L. N. Gumilyev Eurasian National University
010000, Astana, Munaytpasova str., 5
E-mail: kanat-50@mail.ru

The results of the study of above- and under-ground organs of *Ferula foetida* (Bunge) Regel growing in Tuyesu sands in the south of Mangyshlak peninsula were presented. It was found that the diagnostic characteristics of *Ferula foetida* raw material were: the form and structure of epidermis cells, presence of simple mono- and multicellular trichomes, location of conductive bundles and structure of schizogenous and schizo-lysigenuous conceptacles in the bark parenchyma of roots, in leaves, leafstalk and above the stem's conductive bundles. Resin and gum accumulation of *Ferula foetida* was associated with schizogenous and schizo-lysigenuous conceptacles. Stem and leaves of many-aged plants had similar anatomical structure in which all types of tissues were well expressed. Roots of many-aged individuals of *Ferula foetida* differed by the number of elements in the conductive zone and the thickness of basic elements (bark parenchyma, diameter of xylary vessels and holes of conceptacles).

Key words: *Ferula foetida*, anatomic research, structure of vegetative organs, Mangistau, Tuyesu sands.