

А.К. Айтымов^{1*}, М.С. Ямбуров²¹Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;²Томский государственный университет, Томск, Россия*Автор для корреспонденции: aidoz@mail.ru

Исследование анатомического строения надземных органов катальпы прекрасной 1-го года вегетации

Древесно-кустарниковая растительность имеет ключевую роль в озеленении городской среды. Высокие декоративные качества катальпы прекрасной являются ключевыми при выборе древесных растений для интродукции в условиях Карагандинской области. Выращивание саженцев для определенного региона необходимо осуществлять в местных условиях для повышения их адаптивных свойств. Для более полного изучения биологических особенностей вида было проведено анатомическое исследование молодых растений катальпы прекрасной. Было установлено, что лист катальпы дорсовентрального типа, устьица диацитного типа, клетки эпидермиса с извилистыми стенками, на нем расположены трихомы и эфирно-масличные железки; черешок листа в очертании округлый, с хорошо развитыми механическими тканями вокруг проводящих пучков. На внутреннем строении стебля и корня наблюдается начало формирования пробковой ткани и переход к непучковому типу строения проводящей системы. В целом, структура катальпы прекрасной свидетельствует о мезоксерофитном строении растения, что показывает его требовательность к условиям увлажнения. Лист — светового типа, то есть растения при планировании зеленого строительства необходимо размещать на участках с достаточным освещением. Полученные результаты будут дополнены исследованием анатомических показателей растений последующих лет развития.

Ключевые слова: *Catalpa speciosa*, декоративная культура, анатомия растения, вегетативные органы, микроскопическое исследование.

Введение

Растения являются базовым компонентом урбоэкосистемы; они не только обеспечивают привлекательный декоративный облик, но и создают особый микроклимат, благоприятный для жизни людей. Важнейшим условием создания эффективных зелёных насаждений является подбор устойчивого ассортимента пород с использованием инорайонных культур, способных оздоровить среду обитания и длительно сохранять декоративность видов и сортов [1]. Возрастает роль интродукции растений — вовлечения всё более широкого их ассортимента в культуру, выливающегося в массовый эксперимент в условиях контролируемой человеком среды обитания. Этот процесс ведет к увеличению биологического разнообразия районов, к формированию региональных культурных флор [2]. В связи с растущим глобальным спросом на экосистемные услуги, производимые деревьями, многие быстрорастущие, стрессоустойчивые или просто красивые виды деревьев были широко высажены за пределами их родных ареалов [3].

Исследуемый вид катальпы, помимо устойчивости к городским условиям, имеет высокие декоративные качества. В период цветения катальпа декоративна своей крупной, дающей хорошее затенение листвой [4]. Вид характеризуется обильным цветением, крупными цветками, также отличается такими функциональными свойствами, как засухоустойчивость, жаростойкость, газостойкость [5–9].

Катальпа прекрасная (*Catalpa speciosa* (Warder) Engelm., сем. *Bignoniaceae* Juss.) — дерево высотой до 30–35 м с широкопирамидальной кроной и сравнительно стройным стволом, покрытым красновато-коричневой корой крупночешуйчатого строения (рис. 1). Листья крупные, на длинных черешках, яйцевидно-продолговатые с длиннозаостренной вершиной и слегка сердцевидным основанием, сверху блестящие, зеленые, гладкие, снизу густоопушенные. Цветки крупные, диаметром до 6–7 см, в больших широких метелках длиной 15–30 см. Цветки с приятным запахом. Цветет в июне–июле.

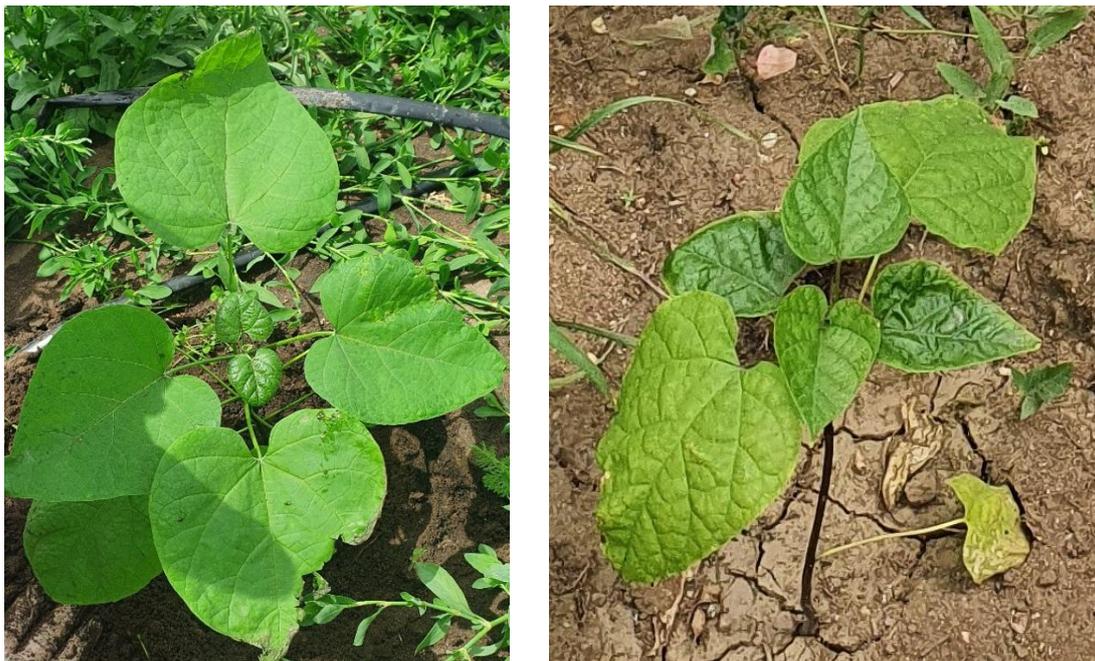


Рисунок 1. Внешний вид однолетних растений *Catalpa speciosa*

Плоды — длинные повислые стручковидные коробочки, длиной 20–45 см, толщиной 1,5–2 см, висят на дереве со второй половины лета и остаются на ветвях всю зиму. Лучшего развития достигает на плодородной глубокой влажной почве, но растет и на песчаных и довольно сухих глинистых почвах. Не переносит значительного засоления. Устойчива к дымовым газам. Сравнительно засухоустойчива. Севернее в холодные зимы значительно обмерзает и растет в виде куста, отмерзающего до уровня снега. Размножается посевом и черенками — корневыми и летними, а также отводками. Ареал — Северная Америка, южная часть бассейна р. Миссисипи [6].

Цель настоящего исследования — изучить анатомическое строение вегетативных органов однолетних особей катальпы прекрасной для понимания биологических особенностей вида и более успешной адаптации в условиях Центрального Казахстана.

Материалы и методы

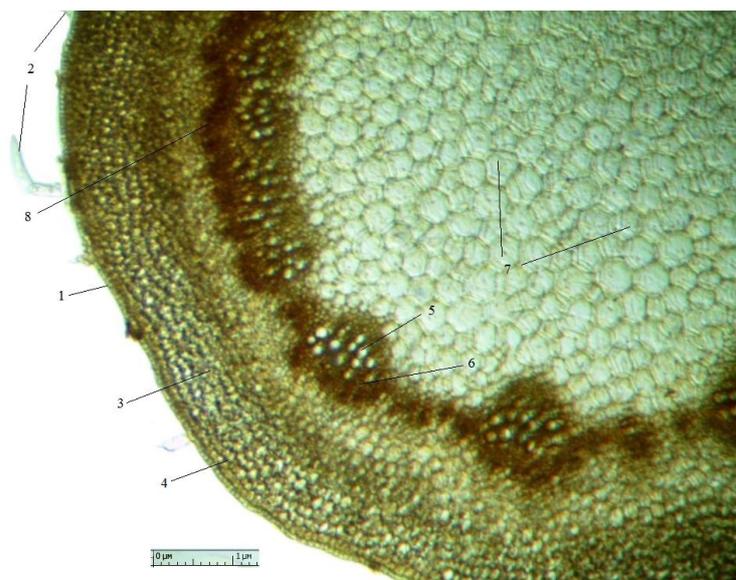
Объектами исследования являлись надземные органы *C. speciosa*. Материал для исследования (однолетние растения катальпы прекрасной) был выращен на коллекционном участке биолого-географического факультета Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, семенной материал был получен из Жезказганского ботанического сада (дата сбора — 3 декада октября 2020 г.).

Собранные на коллекции в 1 декаде сентября 2022 г. образцы однолетних растений (листья, стебли и корни) фиксировали в смеси глицерина, спирта (96 %) и дистиллированной воды в соотношении 1: 1: 1 (смесь Страуса–Флеминга) [10, 11]. Поперечные срезы листа, черешка, корня и стебля изготавливали вручную. Для стебля микропрепараты изготавливали из средней части побегов; для корня — из верхней части, в 5 см от корневой шейки; для листа — из центральной части с захватом срединной жилки; для черешка — из середины. Срезы просветляли при помощи глицерина. Препараты фотографировали на микроскопе Алтами с цифровой камерой 3,1 Мп при увеличении $\times 64$ и $\times 160$, с использованием синего светофильтра. Обработку фотографий выполняли в программе Altami Studio с использованием Paint 10.0. При описании анатомического строения использовали принципы, изложенные в трудах [12–14].

Результаты и их обсуждение

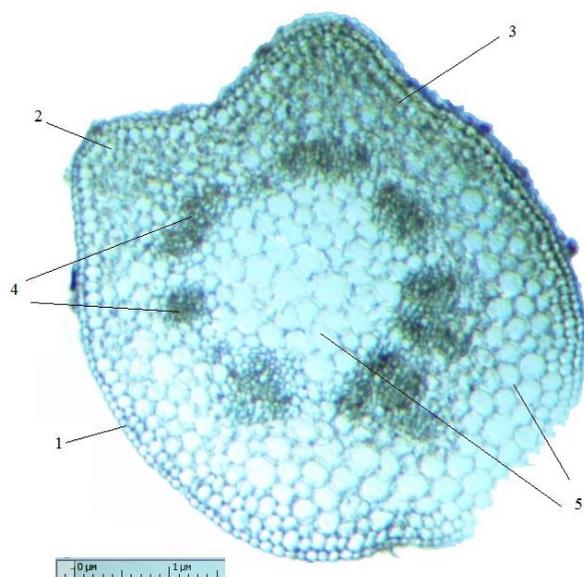
Анатомическое строение стебля. Топография годовичного побега катальпы прекрасной имеет сходное строение с другими покрытосеменными растениями [12] и включает в себя эпидермис, коровую паренхиму, участки колленхимы, камбий, проводящую зону, кольцо первичных механических элементов. Более подробное описание приведено ниже.

Поперечный срез однолетнего побега покрыт однослойным эпидермисом (рис. 2), клетки его прямоугольной или почти овальной формы. Типичной особенностью является отсутствие устьиц, что характерно для катальпы [15], но отмечены единичные простые многоклеточные трихомы. Феллема перидермы двухслойная, представлена почти прямоугольными клетками. Под перидермой расположена пластинчатая колленхима, за которой расположена хлорофиллозная паренхима, участвующая в фотосинтезе. Проводящая система кольцевого типа, включающая кольцо вторичной флоэмы, камбий и кольцо вторичной ксилемы. На годичных побегах просматриваются переходные зоны между пучковым и кольцевым типом. Сама склеренхима прерывистая, то есть не формирует кольцо, а образует группы волокон, приуроченных к участкам бывших сосудистых пучков. Центральная часть годичного стебля заполнена рыхлыми паренхимными клетками.



1 — эпидермис; 2 — трихомы; 3 — хлорофиллозная паренхима; 4 — пластинчатая колленхима; 5 — ксилема; 6 — флоэма; 7 — паренхима; 8 — эндодерма

Рисунок 2. Поперечный срез годичного стебля *Catalpa speciosa*. Ув. ×64



1 — эпидерма; 2 — колленхима; 3 — хлоренхима; 4 — проводящие пучки; 5 — мезофилл

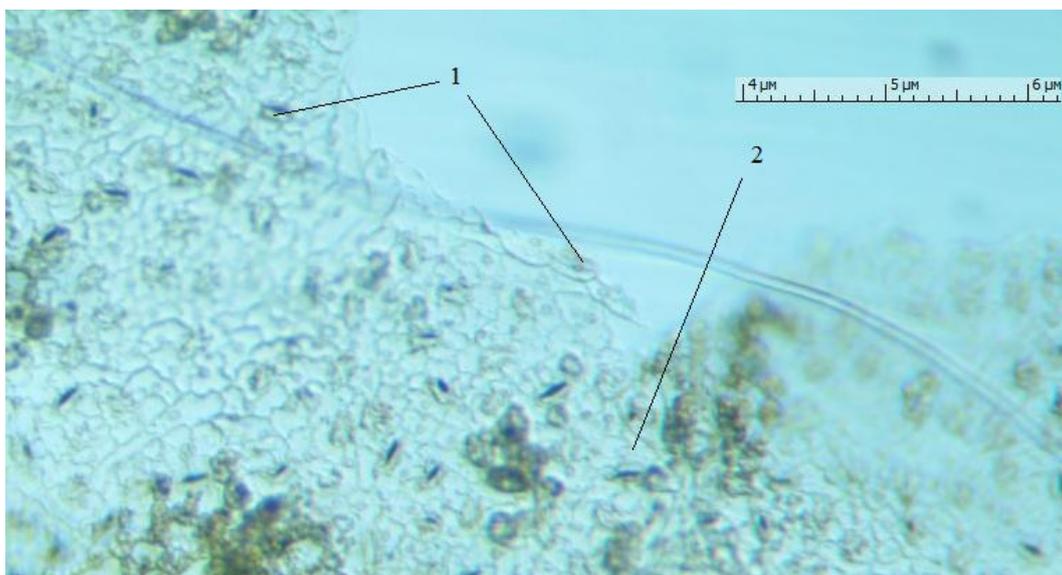
Рисунок 3. Поперечный срез черешка листа *Catalpa speciosa*. Ув. ×64

Анатомическое строение черешка листа. Черешок листа в очертании округлый или широкояйцевидный, с двумя небольшими «ушками», расположенными с брюшной стороны (рис. 3). Периметр черешка окружен однослойным эпидермисом, клетки которого четковидной формы, с утолщенными наружными стенками и кутикулой на поверхности. Не отмечено локализации устьиц или трихом в структуре эпидермиса. Под эпидермисом залегает 1–2-слойная хлоренхима, которая прерывается участками угловой колленхимы. Проводящая система — пучкового типа. Пучки коллатеральные, закрытые, расположены по кругу. Проводящие пучки включают флоэму, ориентированную к периметру черешка, и ксилему, ориентированную к центру черешка. Механическая ткань сформирована пучками склеренхимы, примыкающими к флоэме. Центральная часть черешка образована тонкостенными и крупными паренхимными клетками.

Анатомическое строение листа

Лист катальпы прекрасной простой, сердцевидной формы, с цельным краем, выемчатым основанием, заостренной вершиной и перисто-ветвистым жилкованием. Адаксиальная поверхность ярко-зеленая, гладкая, жилки малозаметные и светлее; абаксиальная сторона более матовая, светлее адаксиальной, с хорошо выраженными жилками.

На поверхностном препарате верхнего эпидермиса листа клетки со слабоизвилистыми стенками, устьица многочисленные, диацитного типа (рис. 4), поверхность покрывает тонкий слой кутикулы. Клетки нижней эпидермы сильноизвилистые, устьица редкие (рис. 5). Эпидермис над жилками листа представлен клетками прозенхимной формы, с тонкими и прямыми стенками (рис. 6).



1 — устьица; 2 — основные клетки эпидермиса

Рисунок 4. Эпидермис верхней стороны листа *Catalpa speciosa*. Ув. ×160

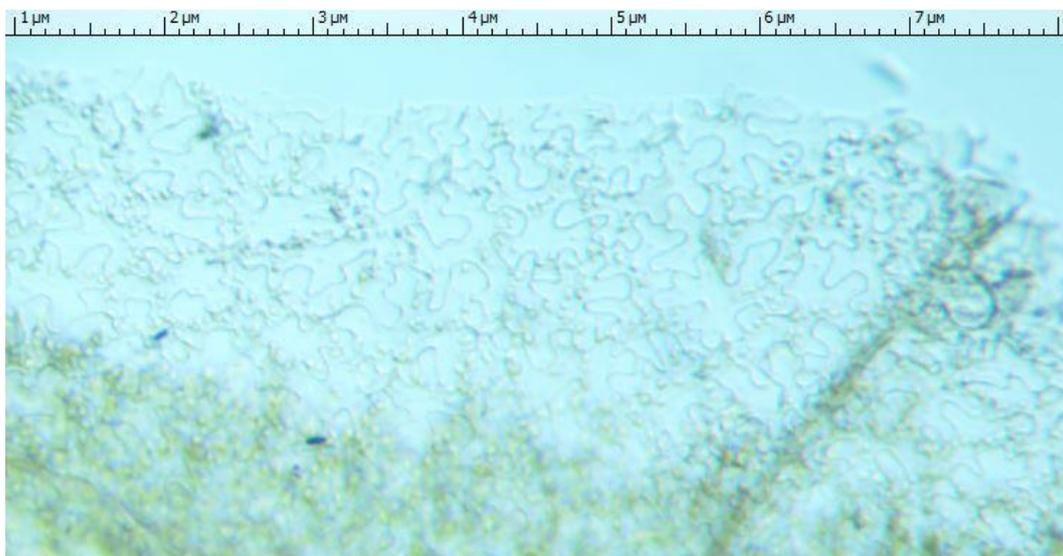


Рисунок 5. Эпидермис нижней стороны листа *Catalpa speciosa*. Ув. ×160

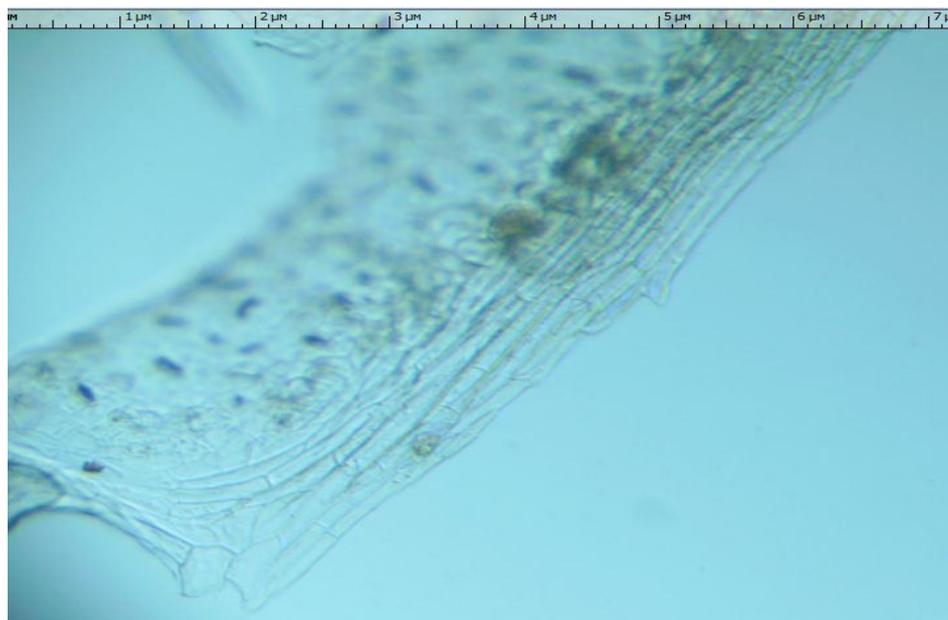
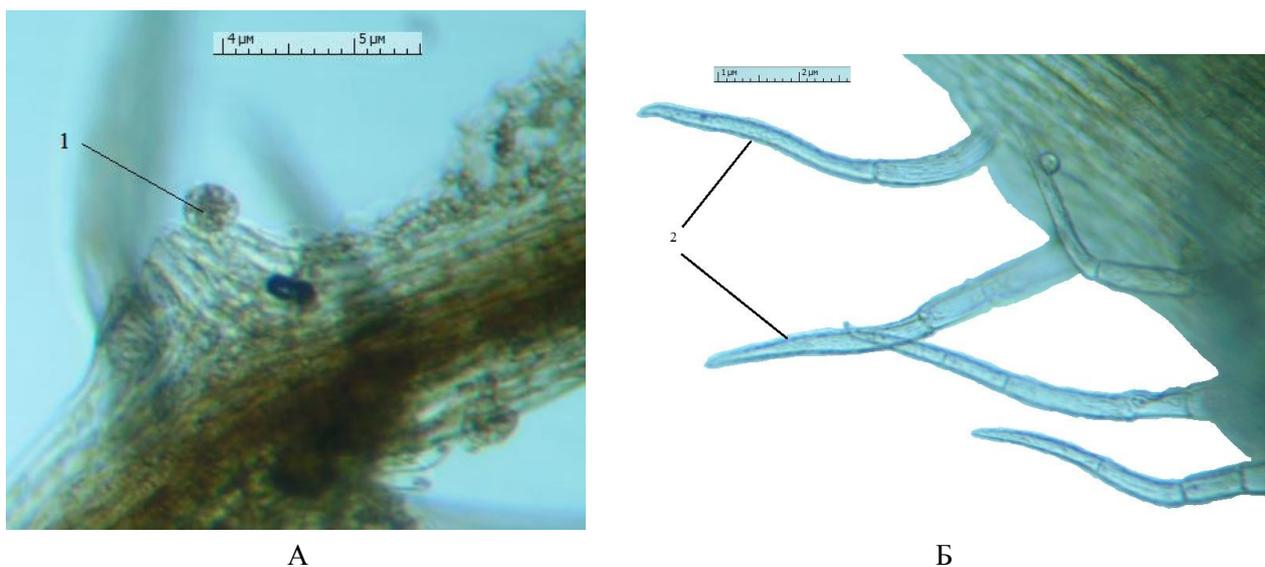


Рисунок 6. Участок эпидермиса листа *Catalpa speciosa* над жилкой. Ув. $\times 160$

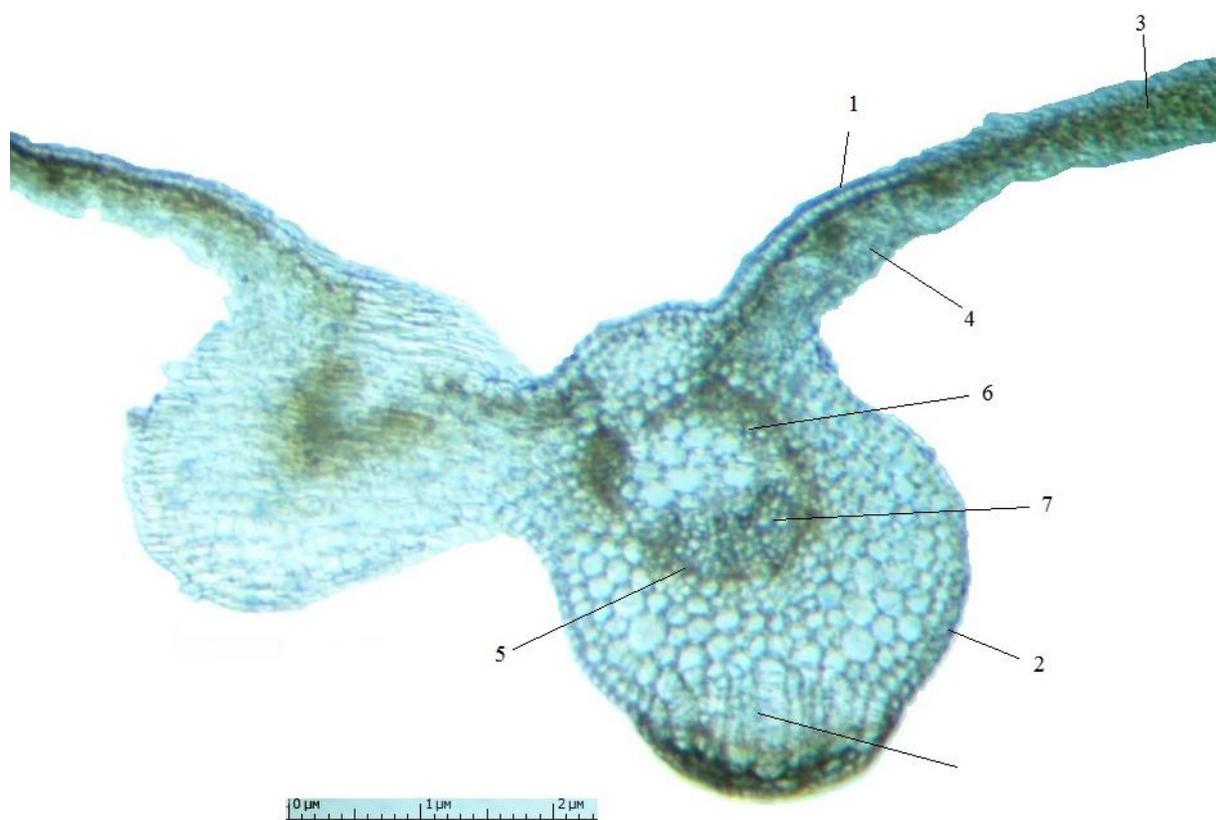
На поверхности листьев присутствуют редкие простые многоклеточные трихомы (рис. 7). Вдоль жилок листа, небольшими скоплениями, расположены эфиромасличные железы с многоклеточной головкой. Железки на ножке, плоские, иногда находятся в углубление эпидермы.



1 — эфиромасличная железка; 2 — трихомы

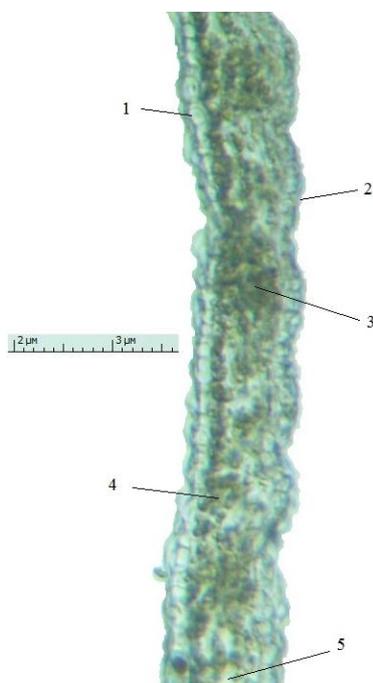
Рисунок 7. Участок эпидермы листа *Catalpa speciosa* с эфиромасличными железами (А) и трихомами (Б). Ув. $\times 160$

На поперечном срезе лист катальпы дорсовентральный, имеет два ряда клеток палисадного мезофилла (рис. 8, 9). Клетки эпидермиса на поперечном срезе округло-прямоугольные, с утолщенными наружными стенками и слоем кутикулы.



1 — верхний эпидермис; 2 — нижний эпидермис; 3 — столбчатый мезофилл; 4 — губчатый мезофилл;
5 — склеренхима; 6 — флоэма; 7 — ксилема

Рисунок 8. Поперечный срез листа *Catalpa speciosa* через область средней жилки. Ув. $\times 160$



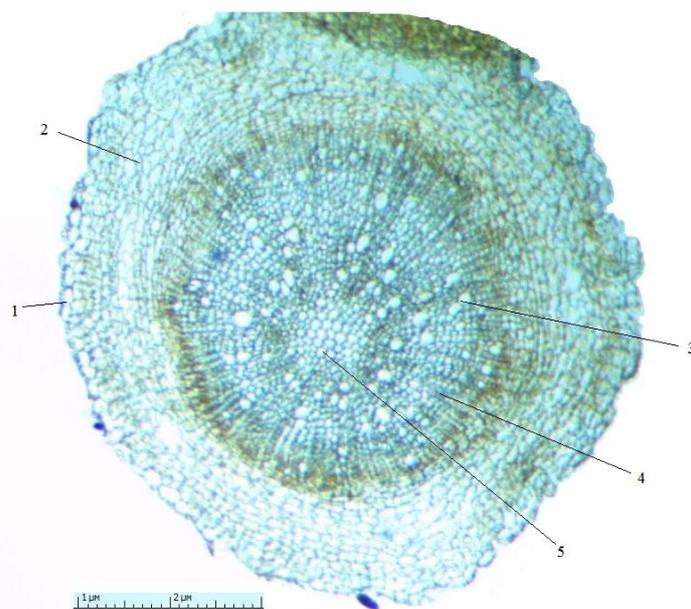
1 — верхний эпидермис; 2 — нижний эпидермис; 3 — проводящий пучок; 4 — столбчатый мезофилл;
5 — губчатый мезофилл

Рисунок 9. Поперечный срез листа *Catalpa speciosa*. Боковой фрагмент. Ув. $\times 160$

Клетки столбчатого мезофилла характеризуются крупными вытянутыми клетками прямоугольной и эллипсовидной формы, стенки обычно более толстые. Губчатый мезофилл представлен округлыми и слабо-окрашенными клетками, небольшого размера в боковых частях листа, более крупные в области главной жилки. Расположены клетки губчатой ткани обычно рыхло, образуя крупные межклетники. Границы слоев на поперечном срезе прослеживаются достаточно четко.

Проводящие пучки округлой или широко-яйцевидной формы, коллатеральные, закрытого типа. Пучки состоят из участков флоэмы и ксилемы, окруженных клетками склеренхимы и армирующих пучки.

Анатомическое строение корня. Молодой (годовой) корень снаружи покрыт остатками ризодермы, за которым следует коровая паренхима (рис. 10), наблюдается начало формирования пробки. Под коровой паренхимой расположен проводящий цилиндр корня. На его внешней стороне лежит флоэма, а основную часть цилиндра занимает вторичная ксилема, центральную часть — сердцевина.



1 — остатки ризодермы; 2 — коровая паренхима; 3 — ксилема; 4 — флоэма; 5 — сердцевина

Рисунок 10. Поперечный срез годовичного корня *Catalpa speciosa*. Ув. $\times 160$

Заключение

Проведены исследования анатомии надземных и подземных органов катальпы прекрасной первого года в условиях г. Караганды. Результаты показали, что анатомическое строение вегетативных органов данного растения характеризует его как мезоксерофитный вид, требовательный к условиям увлажнения, но способного переживать непродолжительные засухи. Листья светового типа с выявленной дифференциацией мезофилла, что свидетельствует о необходимости размещения растений на открытых пространствах, с минимальной степенью затенения.

Проводимые исследования позволяют определить особенности развития органов растения и оценить влияние факторов окружающей среды на развитие растений. Работы по исследованию анатомического строения будут продолжены для растений последующих годов развития.

Исследования выполнены в рамках внутреннего грантового проекта НАО «Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова» по теме «Разработка обоснования и методики оценки состояния и аварийности зеленых насаждений города Караганды и городов-спутников».

Список литературы

- 1 Бабич Н.А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов: моногр. / Н.А. Бабич, О.С. Зальвская, Г.И. Травникова. — Архангельск: Архангел. гос. техн. ун-т, 2008. — 144 с.

- 2 Гаранович И.М. Характерные особенности современного озеленения областных центров Беларуси / И.М. Гаранович, М.Н. Рудевич // Материалы Междунар. конф., посвящ. 70-летию Центр. Сиб. бот. сада. — Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2016. — 354 с.
- 3 Castro-Díez P. Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services / P. Castro-Díez, A.S. Vaz // *Biological Reviews*. — 2019. — Vol. 94. — P. 1477–1501.
- 4 Галактионов И.И. Декоративная дендрология / И.И. Галактионов, А. Ву, В.А. Осин. — М.: Высш. шк., 1967. — С. 277, 278.
- 5 Арестова Е.А. *Catalpa* Scop. в зеленых насаждениях города Саратова / Е.А. Арестова // *Вестн. ВГУ. Сер. География, геоэкология*. — 2011. — № 2. — С. 124, 125.
- 6 Лапин П.И. Интродукция лесных пород / П.И. Лапин, К.К. Калущий, О.Н. Калущая. — М.: Лесн. промышленность, 1979. — 224 с.
- 7 Kurbaniyazov B. Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan / B. Kurbaniyazov, G. Berdimuratov, S.N. Kholova, A. Safarov, K. Safarov // *Web of Conferences*. — 2021. — Vol. 258. — Article ID 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 8 Мурзабулатова Ф.К. Опыт интродукции видов рода *Catalpa* Scop. в Ботаническом саду г. Уфы / Ф.К. Мурзабулатова, Н.П. Поляков // *Изв. Самар. науч. центра РАН*. — 2015. — Т. 17, № 4. — С. 245–247.
- 9 Серекеева Г.А. Некоторые биологические особенности интродуцированных видов *Catalpa speciosa* в условиях города Нукуса / Г.А. Серекеева, Г. Досжанова // *Экономика и социум*. — 2019. — № 5 (6). — С. 1–5.
- 10 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина. — М.: Высш. шк., 1960. — 206 с.
- 11 Барыкина Р.П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятков, Х.Х. Джалилова, Г.М. Ильина, Н.В. Чубатова. — М.: Моск. гос. ун-т, 2004. — 312 с.
- 12 Анели Н.А. Атлас эпидермы листа / Н.А. Анели. — Тбилиси: Мецниереба, 1975. — 105 с.
- 13 Лотова Л.И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений / Л.И. Лотова. — М.: КомКнига, 2007. — 512 с.
- 14 Rudall P.J. *Anatomy of flowering plants* / P.J. Rudall. — Cambridge: Cambridge University Press, 2007. — 159 p.
- 15 Рой Ю.Ф. Анатомическое строение коры однолетнего стебля *Catalpa speciosa* (Wardereh Barney) Wardereh Engelm. в условиях юго-востока Беларуси / Ю.Ф. Рой, В.И. Бойко // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. — 2021. — № 60. — С. 147–150.

А.К. Айтымов, М.С. Ямбуров

Вегетациялық кезеңнің 1-ші жылындағы *Catalpa speciosa* жерүсті мүшелерінің анатомиялық құрылымын зерттеу

Ағаш-бұта өсімдіктері қалалық ортаны көгалдандыруда шешуші рөл атқарады. Әдемі сәнағашының жоғары әсемдік қасиеттері Қарағанды облысының жағдайында интродукция үшін ағаш өсімдіктерін таңдауда маңызды болып табылады. Белгілі бір аймаққа арналған көшеттерді өсіру олардың бейімделу қасиеттерін жақсарту үшін жергілікті жағдайларда жүргізілуі керек. Түрдің биологиялық ерекшеліктерін толығырақ зерттеу үшін әдемі сәнағашының жас өсімдіктеріне анатомиялық зерттеу жүргізілді. Сәнағашының жапырағы дорсовентральды типті, саңылауы диацит типті, эпидермис жасушаларының қабырғалары иректелген, оған трихомалар мен эфирлі-майлы бездер орналасқандығы анықталды; жапырақ сағағы дөңгелек пішінді, шоғырлының өткізгіш айналасында жақсы дамыған механикалық ұлпалары бар. Сабак пен тамырдың ішкі құрылымында тығын тінінің пайда болуының басталуы және өткізгіш жүйе құрылымының шоғырланбаған түріне көшу байқалады. Тұтастай алғанда, әдемі сәнағашының құрылымы өсімдіктің мезоксерофитті құрылымын дәлелдейді, бұл оның ылғалдану жағдайына деген қажеттілігін көрсетеді. Жапырағы — жарық типті, яғни жасыл құрылысты жоспарлау кезінде өсімдіктерді жеткілікті жарықтандырылған жерлерде орналастыру керек. Алынған нәтижелер кейінгі даму жылдарындағы өсімдіктердің анатомиялық көрсеткіштерін зерттеумен толықтырылады.

Кілт сөздер: *Catalpa speciosa*, сәндік өсімдік, өсімдік анатомиясы, вегетативті мүшелер, микроскопиялық зерттеу.

A.K. Aitymov, M.S. Iamburov

Study of the anatomical structure of the aboveground organs of *Catalpa speciosa* of the 1st year vegetation

Woody-shrub vegetation has a key role in greening the urban environment. The excellent decorative qualities of the catalpa are important when choosing a woody plant for introduction in the conditions of the Karaganda

region. Seedlings for a particular region must be grown locally to improve their adaptive properties. For a more complete study of the biological features of the species, an anatomical study of young catalpa plants was carried out. It was found that the leaf of the catalpa of the dorsal-ventral type, the stomata of the diacytic type, the cells of the epidermis with winding walls, trichomes and essential-oil glands are located on it; the petiole of the leaf is rounded in shape, with well-developed mechanical tissues around conductive bundles. On the internal structure of the stem and root, the beginning of the formation of cork tissue and the transition to a non-bundle type of structure of the conductive system is observed. In general, the structure of the catalpa is excellent evidence of the mesoxerophyte structure of the plant, which shows its demands on humidification conditions. Leaves are light type, that is, plants when planning green construction must be placed in areas with sufficient lighting. The results obtained will be supplemented by the study of anatomical indicators of plants of subsequent years of development.

Keywords: *Catalpa speciosa*, decorative culture, plant anatomy, vegetative organs, microscopic study.

References

- 1 Babich, N.A., Zalyvskaia, O.S. & Travnikova, G.I. (2008). *Introduitsenty v zelenom stroitelstve severnykh gorodov [Introducers in the green construction of northern cities]*. Arkhangel'sk: Arkhangel'skii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet [in Russian].
- 2 Garanovich, I.M. & Rudevich, M.N. (2016). Kharakternye osobennosti sovremenno go ozeleneniia oblastnykh tse ntrov Belarusi [Features of modern landscaping of regional centers of Belarus]. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii, posviashchennoi 70-letiiu Tsentralnogo sibirskogo botanicheskogo sada — Materials of the International Conference dedicated to the 70th anniversary of the Central Siberian Botanical Garden*. Novosibirsk: Tsentralnyi Sibirskii botanicheskii sad [in Russian].
- 3 Castro-Díez, P. & Vaz, A.S. (2019). Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services. *Biological Reviews*, 94; 1477–1501.
- 4 Galaktionov, I.I., Vu, A. & Osin, V.A. (1967). *Dekorativnaia dendrologiia [Decorative dendrology]*. Moscow: Vysshaia shkola, 277, 278 [in Russian].
- 5 Arestova, E.A. (2011). *Catalpa Scop.* v zelenykh nasazhdeniiakh goroda Saratova [Catalpa Scop. in the green spaces of the city of Saratov]. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Univesiteta, Serii Geografiia, geokologiiia — Bulletin of Voronezh State University, series geography. Geoecology*, 2; 124, 125 [in Russian].
- 6 Lapin, P.I., Kalutskii, K.K. & Kalutskaia, O.N. (1979). *Introduksiia lesnykh porod [Introduction of Forest Species]*. Moscow: Lesnaia promyshlennost [in Russian].
- 7 Kurbaniyazov, B., Berdimuratov, G., Kholova, S.H., Safarov, A. & Safarov, K. (2021). Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan. *Web of Conferences*, 258; Article ID 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 8 Murzabulatova, F.K. & Poliakov, N.P. (2015). Opyt introduksii vidov roda *Catalpa Scop.* v Botanicheskom sadu g. Ufy [Experience in introducing species of the genus *Catalpa Scop.* in the botanical garden of Ufa]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 17 (4); 245–247 [in Russian].
- 9 Serekeeva, G.A. & Doszhanova, G. (2019). Nekotorye biologicheskie osobennosti introdutsirovannykh vidov *Catalpa Speciosa* v usloviia kh goroda Nukusa [Some biological features of introduced *Catalpa speciosa* species in the city of Nukusa]. *Ekonomika i sotsium — Economics and Society*, 5 (6), 1–5 [in Russian].
- 10 Prozina, M.N. (1960). *Botanicheskaiia mikrotekhnikha [Botanical microtechnics]*. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].
- 11 Barykina, R.P., Veselova, T.D., Deviatov, A.G., Dzhaliilova, Kh.Kh., Ilina, G.M. & Chubatova, N.V. (2004). *Spravochnik po botanicheskoi mikrotekhnikhe. Osnovy i metody [Handbook of Botanical Microtechnics. Basics and Methods]*. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet [in Russian].
- 12 Aneli, N.A. (1975). *Atlas epidermy lista [Leaf Epidermal Atlas]*. Tbilisi: Metsniereba [in Russian].
- 13 Lotova, L.I. (2007). *Botanika: Morfologiia i anatomiia vysshikh rastenii [Botany: Morphology and Anatomy of Higher Plants]*. Moscow: KomKniga [in Russian].
- 14 Rudall, P.J. (2007). *Anatomy of flowering plants*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 15 Roi, Iu.F. & Boiko, V.I. (2021). Anatomicheskoe stroenie kory odnoletnego stebliia *Catalpa speciosa* (Warderex Barney) Warderex Engelm. v usloviia kh iugo-vostoka Belarusi [Anatomical structure of the cortex of the annual stalk *Catalpa speciosa* (Warderex Barney) Warderex Engelm. in the conditions of southeastern Belarus]. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa — Current problems of the forest complex*, 60; 147–150 [in Russian].