



УДК 521.844

В. И. Бойко¹, С. Н. Волосюк²

¹канд. биол. наук, доц., доц. каф. ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
²канд. с.-х. наук, доц. каф. ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: boikobio@yandex.by

АНАТОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОРЫ ОДНОЛЕТНЕГО СТЕБЛЯ НЕКОТОРЫХ КУСТАРНИКОВЫХ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Проведено изучение внутренней структуры коры однолетнего стебля семи видов кустарниковых покрытосеменных растений, относящихся к четырём семействам. Описана топография тканей коры на поперечном срезе, сделан сравнительно-анатомический анализ тканей коры, выявлены диагностические признаки. Наибольшее сходство в строении коры имеют представители семейства Барбарисовые, что подтверждается их единством происхождения. Для всех исследованных видов характерной чертой является наличие гомогенной первичной коры и отсутствие механических элементов в составе вторичной флоэмы.

Введение

Комплексное использование растительных ресурсов должно быть основано на знании не только полезности сырья, но и его структуры, обуславливающей технологию переработки, а также сферу применения. Покрытосеменные растения широко используются как витаминоносные растения, для получения лекарственных препаратов и в целях озеленения парков, приусадебных участков и др. Изучение анатомической структуры коры древесных и кустарниковых растений имеет большое значение в целях диагностики и уточнении границ таксонов, для решения вопросов филогении, а также для проведения научной и криминалистической экспертизы, т. к. ее гистологический состав значительно богаче состава древесины и обладает большим набором диагностических признаков. Значительная часть исследований посвящена не коре в целом как комплексу тканей, а ее отдельным слагающим. Следовательно, основными направлениями в области изучения коры следует считать: а) структурный анализ коры как единого комплекса; б) вовлечение в исследование как можно большего числа видов; в) анализ анатомического строения коры целых таксонов, что даст дополнительную информацию для целей систематики и филогении.

Методы и материалы

Для проведения исследований мы использовали кору однолетнего стебля Самшита вечнозеленого (*Vixus sempervirens* L.), Барбариса обыкновенного (*Berberis vulgaris* L.), Барбариса среднего (*Berberis media* Groot), Барбариса Тунберга (*Berberis thunbergii* DC.), Барбариса оттавского (*Berberis ottawensis* Schneid), Калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.), Сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.). Сбор полевого материала проводился на территории г. Бреста в отделе агроэкологии Центра экологии Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина. Объекты исследования собирались нами в сентябре – марте 2017–2018 гг., т. е. в период, когда камбий находится в неактивном состоянии. Мы выбирали растения, произрастающие в оптимальных для их жизнедеятельности условиях. Образцы фиксировали в 96 %-ном спирте и выдерживали в смеси спирта и глицерина (1:1). Из последних готовили микрообразцы,



которые использовали для получения срезов, а их окрашивали регрессивным способом, помещая в сафранин и нильский синий. После окраски срезы проводили через растворы спиртов разных концентраций (50, 75 и 96 %-ный спирт). На следующем этапе они обрабатывались карбоксилолом и ксилолом, после чего помещались в канадский бальзам [1].

Результаты исследований и их обсуждение

Самшит вечнозеленый (*Vuxus sempervirens* L.). На поперечном срезе однолетнего стебля ткани коры имеют следующую топографию: снаружи располагается эпидерма, граничащая с колленхимой, под которой располагается первичная кора, она кольцом охватывает первичную флоэму. Ко внутри от первичной флоэмы находится вторичная флоэма. К концу первого года развития стебля между вторичной флоэмой и первичной корой закладывается перидерма. Поперечный срез стебля имеет ребристое очертание в поперечном сечении, образуя бугорки и выросты. Снаружи стебель покрыт однослойной эпидермой. Ее наружные тангентальные стенки покрыты слоем кутикулы, толщина которого составляет 2–3 мкм, а ширина ткани составляет 6–9 мкм. Наружные тангентальные и радиальные стенки ткани имеют утолщения, поперечник клеток округлой и овальной формы. Радиальный размер их колеблется в пределах 15–17 мкм, а тангентальный – 18–20 мкм. Клетки образуют одноклеточные трихомы длиной 18–60 мкм.

Под эпидермой располагается колленхима, она представлена 3–4 слоями клеток, которые имеют овальную форму с равномерными утолщенными оболочками. Ширина ткани на поперечном срезе равна 22–28 мкм. Внутри от колленхимы находится первичная кора. Клетки паренхимы тонкостенные, форма их поперечника может меняться от округлой до многоугольной. Диаметр поперечника составляет 10–14 мкм. Ткань имеет однородную структуру. Ширина первичной коры составляет 50–60 мкм.

На первом году стебля между вторичной флоэмой и первичной корой закладывается перидерма. Ткань типичная, состоит из феллемы, феллогена и феллодермы. Последние две ткани сформированы очень мелкими клетками, практически не различимыми в поле зрения светового микроскопа. Феллема образует два слоя клеток в радиальном ряду поперечного среза. Последние имеют квадратную форму со слегка извилистыми стенками.

Вторичная флоэма состоит из ситовидных и запасяющих элементов. Механические элементы во флоэме не формируются. Ситовидные элементы представлены ситовидными трубками, поперечные стенки которых сильно наклонены. На последних встречаются овальные ситовидные поля. Диаметр ситовидных полей составляет 2–3 мкм. На поперечном срезе ситовидные трубки располагаются нечеткими радиальными рядами. Их тангентальный размер достигает 8–12 мкм, а радиальный 4–6 мкм. Ситовидные трубки имеют различную форму в поперечнике (от округлой до шестиугольной).

Сердцевинные лучи однородные, состоят только из стоячих клеток, их высота составляет 250–350 мкм. Горизонтальная паренхима однорядная, ширина лучей колеблется в пределах 7–8 мкм, слойность – 15–27 клеток. Вертикальная паренхима представлена овальными клетками, которые образуют тяжи из 2–4, диаметр их поперечника равен около 6–7 мкм.

Барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.). Кора однолетнего стебля барбариса обыкновенного достигает ширины 300–400 мкм на поперечном срезе. Ткани имеют следующую топографию: снаружи располагается эпидерма, покрытая кутикулой, которая граничит с первичной корой. Ко внутри от последней расположено кольцо механических элементов, граничащее с перидермой. Самое внутреннее расположение в коре



занимает вторичная флоэма. Эпидерма однослойная, ее клетки на поперечном срезе имеют овальную форму, а на продольном срезе они прямоугольной формы, слегка вытянуты вдоль оси стебля. Тангентальный размер клеток достигает 12 мкм, а радиальный – 10 мкм. Снаружи стебель покрыт сплошным слоем кутикулы, толщина которого достигает 4 мкм.

Под эпидермой находится слой первичной коры, шириной от 10 до 20 мкм, ее клетки слегка сплюснуты, рано отмирают. Со временем клетки первичной коры одревесневают и образуют механические элементы (брахисклереиды). Кольцо первичных механических элементов представлено массивным слоем септированных волокон. Ткань гомогенная, ее ширина достигает 50 мкм. Форма клеток на поперечном срезе 4–5-угольная, на продольном срезе – это прозенхимные структуры с заостренными концами. Стенки клеток равномерно утолщены. Тангентальный размер клеток составляет от 4 до 7 мкм, а радиальный – 10–12 мкм.

Перидерма имеет типичное строение. Она состоит из феллемы, феллодермы и феллогена. Феллема гомогенная, представлена тонкостенными крупными клетками, заполненными воздухом, которые на поперечном срезе имеют прямоугольную форму. Ширина ткани в поперечнике равна от 20 до 70 мкм. Клетки пробки образуют два слоя в радиальном ряду на поперечном срезе однолетнего, их тангентальный размер составляет 8–10 мкм, а радиальный – от 7 до 12 мкм.

Под перидермой хорошо сохраняется вторичная флоэма, большую ее часть занимают членики ситовидных трубок, поперечник которых многоугольной и овальной формы. Флоэма представлена только проводящими и запасными элементами (механические отсутствуют). Тангентальный размер ситовидных трубок составляет около 6–12 мкм, а радиальный – от 6 до 9 мкм. Высота члеников ситовидных трубок достигает 40–50 мкм. Ситовидные трубки имеют поперечные стенки, перпендикулярно расположенные по отношению к продольным. Лучи однорядные, их слоистость составляет 17–28 клеток, высота – 350–600 мкм, ширина – 12–16 мкм. Вертикальная паренхима сложена 4–8 клетками, диаметр которых равен 8–9 мкм. Ширина вторичной флоэмы на поперечном срезе достигает 35–45 мкм.

Барбарис средний (*Berberis media* Groot). Анатомическое строение коры барбариса среднего схожее с уже описанным выше барбарисом обыкновенным, но имеет отличительные особенности. Ширина коры на поперечном срезе составляет около 300 мкм. Кора барбариса среднего имеет следующую топографию тканей: снаружи располагается эпидермис с кутикулой, под которым находится слабо выраженная первичная кора и кольцо механических элементов, ко внутри от последнего закладывается перидерма. Самое внутреннее положение занимает вторичная флоэма. Эпидерма представлена одним слоем равно утолщенных клеток, имеющих овальную форму в поперечнике. Ткань покрыта слоем кутикулы толщиной 3–4 мкм. Радиальный размер клеток кожицы составляет около 9 мкм, а тангентальный – 17–34 мкм. Внутри от эпидермы располагаются клетки первичной коры, которые очень сильно сминаются и рано отмирают. Ширина первичной коры на поперечном срезе от 15 до 35 мкм. Клетки ткани со временем одревесневают и образуют кольцо идиобластов. Механическое кольцо располагается под первичной корой, его ширина составляет от 60 до 80 мкм на поперечном срезе. Кольцо первичных механических элементов представлено волокнами, поперечник которых имеет вид пяти-, шестиугольников. Радиальный размер волокон составляет от 13 до 20 мкм, а тангентальный – от 5 до 10 мкм на поперечном срезе.



Перидерма типичная, ее феллема представлена двумя слоями тонкостенных клеток пробки в радиальном ряду поперечного среза, они заполнены воздухом, их форма прямоугольная или квадратная. Ширина пробкового слоя на поперечном срезе от 20 до 33 мкм. Радиальный размер клеток пробки колеблется от 10 до 13 мкм, а тангентальный – 7–9 мкм. Феллоген и феллодерма не обладают диагностическими признаками. Ширина перидермы на поперечном срезе достигает примерно 40–60 мкм.

Самое внутреннее расположение имеет вторичная флоэма. Ткань лишена механических элементов, представлена только проводящими и запасующими, ее ширина на поперечном срезе составляет примерно 28–30 мкм. Тангентальный размер члеников ситовидных трубок составляет 7–9 мкм, а радиальный – 8–10 мкм, высота их достигает 30–58 мкм. Лучи однорядные, их слойность составляет 15–26 клеток, высота – 370–550 мкм, ширина – 13–17 мкм. Вертикальная паренхима сложена тяжами из 3–6 клеток, их диаметр равен 12–15 мкм. Ширина вторичной флоэмы на поперечном срезе достигает 30–40 мкм.

Барбарис Тунберга (*Berberis thunbergii* DC.). Ширина коры на поперечном срезе однолетнего стебля составляет 307,5–615 мкм. Ткани имеют следующую топографию на поперечном срезе: снаружи располагается эпидерма, которая очень рано отмирает, под ней формируется кольцо механических элементов, под которым закладывается перидерма, а самое внутреннее положение занимает флоэма. Клетки эпидермы имеют овальный поперечник и утолщенные наружные стенки. Тангентальный размер клеток колеблется от 20 до 35 мкм, а радиальный – 10–15 мкм. Их наружные стенки покрыты слоем кутикулы, толщина которого составляет около 6 мкм. Ткань представлена двумя слоями клеток. Под эпидермой располагаются клетки первичной коры, которые очень сильно сминаются и рано отмирают, образуя при этом кольцо брахисклереид. Ширина первичной коры на поперечном срезе достигает 30 мкм. Механическое кольцо располагается конутри от первичной коры, ширина ткани составляет от 80 до 220 мкм. Оно представлено волокнами, поперечник которых имеет пяти-, шестиугольную форму, а иногда округлый. Радиальный размер волокон составляет от 18 до 25 мкм, а тангентальный от 20 до 28 мкм. Толщина стенок достигает 4–5 мкм. Волокна септированы, их длина составляет 350–500 мкм. Перидерма типичная, ширина ткани на поперечном срезе составляет 60 мкм. Феллема представлена двумя слоями тонкостенных клеток, заполненных воздухом. Радиальный размер их колеблется от 18 до 37 мкм, а тангентальный – от 20 до 30 мкм. Самое внутреннее расположение в коре имеет вторичная флоэма. Ткань лишена механических элементов, представлена только проводящими и запасующими. Ширина ткани на поперечном срезе составляет около 140 мкм. Проводящие элементы – членики ситовидных трубок, которые имеют тангентальный размер 17–20 мкм, а радиальный – 16–21 мкм. Длина члеников ситовидных трубок составляет от 40 до 60 мкм, они имеют наклонные поперечные стенки. Лучи могут быть как одно-, так и двухрядными, их ширина на поперечном срезе составляет около 20–40 мкм, высота – 280–370 мкм, а слойность 29–37 клеток. Во флоэме лучи подвергаются дилатации.

Барбарис оттавский (*Berberis ottawensis* Schneid). Ткани коры однолетнего стебля имеют следующую топографию на поперечном срезе: снаружи располагается однослойная эпидерма, конутри от которой находится первичная кора, переходящая в кольцо механических элементов, конутри от которого находится перидерма. Самое внутреннее расположение имеет вторичная флоэма. Эпидерма представлена однослойной тканью, поперечник ее клеток овальной формы. Тангентальный размер последних составляет 20–24 мкм, а радиальный – 10–12 мкм. Слегка утолщены наружные танген-



тальные стенки, которые покрыты слоем кутикулы толщиной 2–4 мкм. Трихомы в эпидерме не обнаружены. Кольцо механических элементов гомогенное, состоит из шестиугольных в поперечнике прозенхимных клеток. Радиальный размер их составляет 23–30 мкм, тангентальный – 17–20 мкм, а высота – 230–340 мкм. Изнутри с механическим кольцом граничит перидерма. Ткань типичная, состоит из феллогена, феллодермы и феллемы. Клетки пробки таблитчатой формы, их тангентальный размер составляет 23–29 мкм, а радиальный – 20–26 мкм. В радиальном ряду на поперечном срезе располагается два слоя клеток феллемы. Вторичная флоэма состоит из проводящих и запасующих элементов. Диаметр поперечного сечения члеников ситовидных трубок составляет 9–12 мкм, а их длина – около 30–50 мкм. В поперечнике они четырех-, пятиугольной формы, расположены на поперечном срезе радиальными рядами. В радиальном ряду поперечного срезе насчитывается 9–12 члеников ситовидных трубок. Лучи однорядные, гомогенные, их слойность составляет 12–20 клеток, высота – 300–450 мкм, а ширина – 12–16 мкм. Вертикальная паренхима сложена 2–6 клетками, их диаметр равен 10–12 мкм. Ширина вторичной флоэмы на поперечном срезе достигает 35–50 мкм.

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.). Кора однолетнего стебля на поперечном срезе имеет следующую топографию тканей: снаружи располагается однослойная эпидерма, под которой формируется перидерма, внутрь от которой находится коровая паренхима. Первичная кора граничит с флоэмой. Наружная часть флоэмы представлена первичной флоэмой. Вторичная флоэма составлена мелкими тонкостенными проводящими элементами, которые располагаются узкими радиальными полосками на поперечном срезе. Эпидерма представлена одним слоем клеток, которые на поперечном срезе имеют овальную форму. Радиальный размер клеток достигает 10–15 мкм, а тангентальный – от 20–30 мкм. Трихомы в клетках эпидермы не обнаружены. Клеточные стенки снаружи покрыты кутикулой, толщина которой достигает 5 мкм. Внутрь от эпидермы располагается перидерма. Ткань имеет типичное строение и состоит из феллемы, феллогена и феллодермы. Феллема многослойная, представлена тонкостенными клетками, тангентальный размер которых составляет 25–38 мкм, а радиальный 30–40 мкм. В радиальном ряду поперечного срезе однолетнего стебля насчитывается 4–5 слоев клеток феллемы. Оболочки их слегка извилистые, тангентальные, выгнуты к периферии органа, заполнены воздухом. Феллоген представлен одним слоем живых клеток прямоугольной формы с тонкими оболочками, они сложены плотно. Феллодерма состоит из двух-трех слоев клеток на поперечном срезе. Тангентальный размер клеток оставляет 20–30 мкм, а радиальный 12–20 мкм. Ширина перидермы на поперечном срезе достигает 160 мкм. Внутрь от перидермы располагается первичная кора. Ткань гомогенная, представлена овальными клетками, тангентальный размер которых 20–28 мкм, а радиальный 19–23 мкм. Изредка в клетках первичной коры встречается друзы оксалата кальция. Ширина ткани на поперечном срезе составляет примерно 40–60 мкм. Самое внутреннее расположение в коре занимает вторичная флоэма. Ее ширина на поперечном срезе достигает 30–40 мкм. Ткань состоит из проводящих и запасующих элементов, механические элементы отсутствуют. Проводящие элементы представлены ситовидными трубками, их тангентальный размер составляет 10–15 мкм, а радиальный размер 8–14 мкм. На поперечном срезе поперечник имеет форму четырех- и пятиугольников и членники располагаются радиальными рядами. Запасующие элементы представлены горизонтальной и вертикальной паренхимой. Горизонтальная паренхима представлена однорядными лучами, ширина которых на поперечном срезе составляет от 4 до 10 мкм. Аксиальная



паренхима состоит из овальных клеток, диаметр которых около 10–14 мкм, в них изредка встречаются друзы оксалата кальция.

Сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.). Однолетний стебель покрыт слоем эпидермы, ткань представлена одним слоем клеток. Последние имеют овальную форму, их радиальный размер составляет до 12 мкм, а тангентальный – около 17 мкм. Субэпидермально располагается перидерма, ширина которой на поперечном срезе достигает 90 мкм. Ткань типичная, представлена феллодермой, феллогеном и феллемой. Клетки феллемы имеют прямоугольную форму. Радиальный размер их составляет 10–12 мкм, а тангентальный – 12–14 мкм. Высота клеток на продольном срезе колеблется около 15–18 мкм. Клетки имеют слегка волнистые стенки. В радиальном ряду поперечного среза находится 3–4 клетки пробки. Под перидермой располагается первичная кора. Ткань имеет ширину на поперечном срезе 100–110 мкм. Она гомогенная, состоит из мелких клеток диаметром до 20 мкм. Глубже от первичной коры располагается гомогенное кольцо механических элементов, которое состоит из септированных волокон. Длина волокон составляет 250–350 мкм, а диаметр их – 10–12 мкм. Внутри от механического кольца располагается вторичная флоэма. Ширина ткани на поперечном срезе примерно равна 60 мкм. Ткань представлена проводящими и запасующими элементами. Механические элементы отсутствуют. Проводящие элементы представлены ситовидными трубками с клетками-спутницами. На поперечном срезе членики ситовидных трубок имеют диаметр 9–12 мкм, а высота члеников достигает 45–85 мкм. Поперечная стенка располагается перпендикулярно по отношению к продольным. Запасующие элементы представлены вертикальной и горизонтальной паренхимой. Клетки вертикальной паренхимы имеют диаметр 12–14 мкм, а горизонтальная представлена лучами. Лучи однорядные (реже двурядные) и достигают высоты в 250–400 мкм. Слоистость лучей составляет 13–28 клеток, а ширина – 12–18 мкм.

Заклучение

Таким образом, исследована анатомическая структура коры однолетнего стебля семи кустарниковых пород покрытосеменных растений, относящихся к четырём семействам (1 – Самшитовые, 4 – Барбарисовые, 1 – Адоксовые, 1 – Маслинные). Кора всех исследованных видов сложена тканями как первичного (эпидерма, первичная кора, кольцо первичных механических элементов), так и вторичного происхождения (перидерма, вторичная флоэма). Общими признаками, характерными для изученных растений, является наличие гомогенной первичной коры и отсутствие во вторичной флоэме механических элементов.

Наибольшая схожесть признаков характерна для представителей семейства Барбарисовые (род Барбарис – 4 вида): отсутствие трихом в эпидерме, перидерма формируется между механическим кольцом и вторичной флоэмой, отсутствие колленхимы, отсутствие кристаллов в клетках первичной коры, склерификация клеток коровой паренхимы. Такое большое сходство в структуре комплекса ткани говорит о единстве происхождения этих видов, что подтверждает положения закона гомологических рядов Н. И. Вавилова. Тем не менее Барбарис Тунберга характеризуется наличием двуслойной эпидермы – единственный признак, который отличает его от других представителей рода. Все остальные различия являются количественными, они больше зависят от экологических условий произрастания. Самшит вечнозеленый отличается от других изученных объектов наличием колленхимы и трихом в эпидерме. Калина обыкновенная выделяется среди всех содержанием кристаллов в клетках первичной коры, и только



у нее и сирени обыкновенной перидерма закладывается субэпидермально, а в радиальном ряду поперечного среза располагается три и более клеток феллемы.

Анализ анатомического строения коры однолетнего стебля исследованных видов позволил выявить диагностические признаки, которые сведены в таблице.

Таблица. – Диагностические признаки коры однолетнего стебля

Признак	Самшит вечнозеленый	Барбарис обыкновенный	Барбарис средний	Барбарис Тунберга	Барбарис оттавский	Калина обыкновенная	Сирень обыкновенная
Эпидерма однослойная	+	+	+	-	+	+	+
Эпидерма двухслойная	-	-	-	+	-	-	-
Наличие трихом	+	-	-	-	-	-	-
Отсутствие трихом	-	+	+	+	+	+	+
Перидерма формируется субэпидермально	-	-	-	-	-	+	+
Перидерма формируется между фло- эмой и механическим кольцом	+	+	+	+	+	-	-
В радиальном ряду однолетнего стебля менее 3 слоев клеток феллемы	+	+	+	+	+	-	-
В радиальном ряду однолетнего стебля 3 и более слоя клеток феллемы	-	-	-	-	-	+	+
Колленхима имеется	+	-	-	-	-	-	-
Первичная кора гомогенная	+	+	+	+	+	+	+
Наличие кристаллов в первичной коре	-	-	-	-	-	+	-
Клетки первичной коры склерифицируются	-	+	+	+	+	-	-
Флоэма не содержит механических элементов	+	+	+	+	+	+	+

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прозина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина. – М. : Высш. шк., 1960. – 206 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.09.2019

Boyko V. I., Volosyuk S. N. Anatomical Characteristics of the Bark of an Annual Stem of Some Shrub Angiosperms

A study was made of the internal structure of the bark of an annual stem of seven species of shrub angiosperms belonging to four families. A topography of the cortical tissues on a transverse section is described, a comparative anatomical analysis of the cortical tissues is made, diagnostic signs are revealed. Representatives of the Barberry family have the greatest similarity in the structure of the crust, which is confirmed by their unity of origin. For the studied species, a characteristic feature is the presence of a homogeneous primary crust and the absence of mechanical elements in the secondary phloem.