

О ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ АБОРИГЕННЫХ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ВИДОВ *POPULUS L.* ПО АНАТОМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ КОРЫ ОДНОЛЕТНЕГО СТЕБЛЯ

В статье изложены результаты детального анализа внутренней структуры коры однолетних стеблей восьми аборигенных и интродуцированных в Республике Беларусь тополей. Материал собран на территории Брестской области. Срезы и постоянные препараты изготовлены по общепринятой в анатомии растений методике. Выявлены черты различия в структуре коры исследованных видов, показана возможность диагностики изученных видов по комплексу анатомических признаков коры однолетнего стебля.

Введение

Использование растительного сырья предполагает всестороннее изучение растительных объектов, в том числе структуры их тканей, как наиболее устойчивого комплекса, использование которого позволяет решать ряд проблем диагностики, таксономии и филогении растений [1].

Представители рода *Populus L.* достаточно долговечные деревья, отличающиеся быстрым ростом и достигающие больших размеров. Декоративны, хорошо растут в городских условиях, вынося загрязнение воздуха пылью, дымом, газами. Большинство из них легко размножается черенками и колыями. Род объединяет 110 видов, обитающих в Северном полушарии. Кроме основных видов, в природе и культуре встречаются многочисленные гибриды [3].

В Республике Беларусь в естественных условиях отмечено три вида, однако в культуру введено 17 видов, 2 формы и 23 гибрида тополей. Эколого-биологическое изучение тополей позволило выявить ряд интродуктов и местных видов, которые рекомендовано внедрять в практику зеленого строительства, и быстрорастущие породы, дающие прекрасное сырье для бумажной промышленности, для получения целлюлозы, спичечной соломки и т.д., а также с целью более широкого внедрения в практику лесного хозяйства. Для практики зеленого строительства рекомендуются тополя белый, бальзамический, пирамидальный, лавролистный, китайский. К числу перспективных быстрорастущих пород относят тополя бальзамический, китайский, дельтовидный и черный [4].

Учитывая выше сказанное, мы провели сравнительное изучение структуры коры однолетних стеблей ряда видов рода *Populus L.* с целью выявления признаков коры тополей, имеющих диагностическое значение.

Материал и методика

Для исследования были отобраны аборигены и интродукты рекомендованные для внедрения практику рода *Populus L.*, произрастающие в окрестностях г. Бреста, на территории Брестского и Кобринского лесхозов: *Populus alba L.*, *Populus tremula L.*, *Populus nigra L.*, *Populus pyramidalis Rozier.*, *Populus deltoides Marsh.*, *Populus suaveolens Fisch.*, *Populus balsamiferae L.*, *Populus simonii Carr.*

Для анализа использовали кору однолетних стеблей, как обладающих наибольшим набором диагностических признаков [1]. Отбирали образцы коры с одновозрастных особей, произрастающих в сходных условиях обитания, с западной стороны кроны. Сбор материала проводили после окончания вегетации, когда камбий закончил свою деятельность, годовичные слои ксилемы и флоэмы сформировались полностью, т.е. в период покоя (октябрь – март).

Образцы коры помещали в 96% этиловый спирт, затем после 10–15 дней выдержки добавляли 1/2 по объему глицерина. Из зафиксированных образцов коры с помощью микротомы с замораживающим столиком изготавливали серии поперечных, тангентальных, радиальных срезов толщиной 10–25 мкм. Из полученных срезов готовили постоянные препараты. Срезы окрашивали регрессивным способом, поместив в спиртовые растворы сафранина (1% спиртовой раствор) и нильского синего (насыщенный раствор), подвергали дегидратации в спиртах разной концентрации. На следующем этапе срезы обрабатывали карбол-ксилолом и ксилолом, после чего помещали в канадский бальзам. Таким образом, методика приготовления постоянных препаратов была общепринятой в анатомии растений [2]. Анатомический анализ коры осуществляли на световых микроскопах Биолам Р-15, Микмед-5.

Результаты исследования

Кора однолетних стеблей включает в свой состав эпидерму, перидерму, колленхиму (за исключением *Populus alba*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*), паренхиму первичной коры, кольцо первичных механических элементов, первичную и вторичную флоэму.

Эпидерма однослойная, покрыта мощным слоем кутикулы. У *Populus simonii* и *Populus deltoides* радиальный размер клеток равен или меньше тангентального, у остальных видов – преобладает радиальный размер клеток. Исследованные виды, за исключением *Populus alba*, характеризуются значительным утолщением и лигнификацией внешней периклиальной стенки эпидермальных клеток. Наиболее мощно эта стенка развита в эпидерме *Populus tremula* и *Populus nigra*, достигая половины радиального размера ее клеток. У *Populus alba* внешняя стенка не утолщена и полость клеток овальная, округлая или куполообразная. Клетки эпидермы *Populus deltoides* в единичных случаях содержат друзы оксалата кальция. Трихомы характерны для *Populus alba* и *Populus suaveolens*. Причем у *Populus alba* трихомы обильные, часто ветвистые, тонкостенные и образующие беловойлочное опушение, а у *Populus suaveolens* – трихомы одиночные, с утолщенными лигнифицированными стенками.

Перидерма занимает у всех видов субэпидермальное положение, включает феллему, феллоген и феллодерму. Феллоген и феллодерма специфическими особенностями не обладают. В однолетних стеблях феллема только тонкостенная гомогенная, содержимого в конце вегетационного сезона после отмирания ее клетки не имеют. В конце первого вегетационного сезона в радиальном ряду обычно насчитывается 4–5 слоев клеток, и только у *Populus nigra* и *Populus deltoides* их может быть 7 и более.

Основные различия заключаются в форме клеток на поперечном срезе, т.е. соотношении радиальных и тангентальных размеров: у *Populus pyramidalis* клетки феллемы вытянуты в тангентальном направлении, у *Populus tremula* радиальный размер клеток больше тангентального. У большинства видов феллема содержит клетки, имеющие различные сочетания размеров.

В однолетнем стебле *Populus alba*, *Populus tremula*, *Populus deltoides*, *Populus suaveolens*, *Populus balsamiferae* наблюдается дифференциация феллемы на зоны в зависимости от положения клеток с различным сочетанием размеров и формы. Указанные виды имеют внешние ряды более крупных клеток, в которых радиальный размер больше тангентального, а клетки внутренних рядов, прилегающие к феллогену, менее крупные имеют тангентальный размер больший или равный радиальному.

В феллеме однолетнего стебля исследованных тополей образуются чечевички классической структуры: в разрывах пробки происходит поочередное отложение слоев плотно сложенной тонкостенной феллемы и рыхло сложенных клеток выполняющей ткани.

Колленхима не ограничивается у *Populus alba*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*. У *Populus tremula* насчитывается 4–7 слоев клеток колленхимы, у остальных видов эта ткань включает 2–3 слоя клеток. Клетки сложены плотно, без межклетников. Их стенки утолщены равномерно, поэтому полость клеток овальная. У *Populus nigra* и *Populus*

balsamiferae в клетках колленхимы отмечены монокристаллы оксалата кальция, а часть клеток склерифицирована.

По степени развития *паренхимы первичной коры* среди исследованных видов выделяются *Populus deltoides*, *Populus suaveolens*, *Populus balsamiferae*, имеющие широкую зону этой ткани в сравнение с остальными видами, что составляет 300–500 мкм и 150–300 мкм соответственно.

Клетки паренхимы первичной коры довольно четко дифференцированы на ассимиляционные и танидоносные. Полость ассимиляционных клеток полностью заполнена цитоплазмой, в протопласте присутствует значительное количество хлоропластов. Танидоносные клетки имеют довольно крупную вакуоль, постенно расположенный протопласт и вдвое меньшую толщину оболочек в сравнении с ассимиляционными клетками. Танидоносные клетки сосредоточены во внутренней части первичной коры и имеют больший поперечный размер, чем ассимиляционные клетки. Особенно сильно сеть танидоносных клеток развита в паренхиме первичной коры *Populus deltoides*.

В паренхиме первичной коры развиваются брахисклереиды, расположенные одиночно или в группах из 3–10 клеток и образующие прерывистый кольцевой пояс на ее границе с колленхимой. Наиболее сильной степенью склерификации паренхимы первичной коры в однолетнем возрасте характеризуются *Populus alba* и *Populus nigra* – 50% и 30% от площади поперечного среза соответственно. У всех исследованных видов в клетках паренхимы первичной коры присутствуют кристаллы оксалата кальция в виде друз и монокристаллов. В распределении оксалата кальция очень четко просматривается тенденция к локализации монокристаллов около склереидных групп или в составе самих склереид. Друзы распределены более или менее диффузно. Единично встречаются склереиды и кристаллы у *Populus balsamiferae*.

Кольцо первичных механических элементов в однолетних стеблях *Populus tremula*, *Populus balsamiferae*, *Populus suaveolens* является гомогенным, т.е. состоит только из групп волокон. Таковым можно считать кольцо первичных механических элементов *Populus deltoides*, у которого между группами волокон встречаются только одиночные склереиды. Сплошное гетерогенное кольцо, в котором группы волокон объединяются в единое целое группами склереид, находящимися между ними, характерно для *Populus nigra*. У *Populus alba*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii* гетерогенное кольцо прерывистое.

Крупные группы волокон *Populus simonii*, *Populus tremula* приобретают шапковидную форму, для остальных видов характерны менее крупные группы волокон прямоугольной, квадратной, овальной формы на поперечном срезе. У исследованных видов, за исключением *Populus suaveolens*, в клетках, прилегающих к волокнам или склереидам, развиваются монокристаллы оксалата кальция.

Первичная флоэма как проводящая ткань у тополей функционирует непродолжительное время, проводящую функцию берет на себя *вторичная флоэма*, представленная ситовидными элементами, механическими волокнами и паренхимой.

Ситовидные трубки на поперечном срезе округлой и многоугольной формы. У *Populus alba* и *Populus simonii* радиальный размер ситовидных трубок превышает тангентальный, у остальных исследованных видов преобладают тангентальные размеры. Поперечные стенки члеников сильно наклонены и несут на себе сложную ситовидную пластинку, на которой располагается 5–7 и более прямоугольных или трапециевидных с округлыми углами ситовидных полей. У большинства исследованных видов в составе флоэмы преобладают проводящие элементы, лишь у *Populus nigra* проводящих и паренхимных элементов примерно одинаковое количество.

У большинства исследованных видов ситовидные трубки расположены радиальными рядами, чередуясь в них с клетками аксиальной паренхимы. У *Populus deltoides* обычно 3–4 ситовидные трубки собраны в группы, вокруг которых образуют сплошное кольцо клетки-спутницы и клетки аксиальной паренхимы. У всех видов в клетках аксиальной паренхимы присутствуют друзы оксалата кальция.

Флоэмные лучи однорядные линейные и веретеновидные, Лучи *Populus alba*, *Populus suaveolens* и *Populus tremula* как однорядные, так и двурядные лучи. У *Populus nigra* часть лучей в весенней части годичного слоя флоэмы дилатирует, становясь двурядными. Во флоэме однолетних стеблей *Populus pyramidalis* лучи гомогенные, у остальных исследованных видов гетерогенные, содержащие в своем составе краевые стоячие и центральные лежащие клетки. Только у *Populus simonii* в составе гетерогенного луча наблюдается чередование слоев стоячих и лежащих клеток.

За исключением *Populus tremula*, во вторичной флоэме однолетнего стебля развиваются флоэмные волокна, образующие либо сплошное кольцо, либо отдельные группы. В самих волокнах, а также в паренхиме, прилегающей к ним, встречаются многочисленные монокристаллы оксалата кальция. У *Populus suaveolens* группы волокон имеют линзовидную форму и расположены двумя полосами. В полосах группы волокон чередуются с группами склереид. У *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*, *Populus suaveolens*, *Populus balsamiferae* участки флоэмных лучей в зонах пересечения с группами механических волокон склерифицируются.

Обсуждение результатов

Сравнительный анализ анатомии коры однолетних стеблей 8 видов рода *Populus* L. показал (таблица):

1. По составу тканей коры однолетнего стебля изученные виды подразделяются на две группы: виды имеющие колленхиму (*Populus tremula*, *Populus nigra*, *Populus deltoides*, *Populus suaveolens*, *Populus balsamiferae*) и виды, в составе коры которых колленхима не выражена (*Populus alba*, *Populus pyramidalis*, *Populus simonii*).

2. Для каждого из исследованных видов выделен комплекс диагностических признаков коры однолетнего стебля:

1) *Populus alba* – клетки эпидермы с неутолщенной внешней периклиальной стенкой; трихомы обильные, ветвистые, тонкостенные и образующие беловойлочное опушение; склерификация паренхимы первичной коры достигает 50% от площади поперечного среза; колленхима не отграничивается; кольцо первичных механических элементов гетерогенное прерывистое; радиальный размер ситовидных трубок превышает тангентальный; флоэмные лучи однорядные и двурядные;

2) *Populus tremula* – радиальный размер клетки феллемы больше тангентального; 4–7-слойная колленхима; группы волокон крупные шапковидной формы; флоэмные лучи однорядные и двурядные; во вторичной флоэме отсутствуют флоэмные волокна;

3) *Populus nigra* – клетки эпидермы с мощной внешней периклиальной стенкой, достигающей половины радиального размера клетки; клеток феллемы 7 и более слоев; в клетках колленхимы присутствуют монокристаллы оксалата кальция; частичная склерификация колленхимы; кольцо первичных механических элементов сплошное гетерогенное; во вторичной флоэме проводящих и паренхимных элементов примерно одинаковое количество; часть лучей в весенней части годичного слоя флоэмы дилатирует;

Таблица – Диагностические признаки коры некоторых видов *Populus**

Ткань	<i>P. alba</i>	<i>P. tremula</i>	<i>P. nigra</i>	<i>P. pyramidalis</i>	<i>P. deltoides</i>	<i>P. suaveolens</i>	<i>P. balsamiferae</i>	<i>P. simonii</i>
Эпидерма:								
1) внешняя стенка утолщена	–	+	+	+	+	+	+	+
2) трихомы	+	–	–	–	–	+	–	–
3) кристаллы	–	–	–	–	+	–	–	–

4) преобладает радиальный размер клеток	+	+	+	+	—	+	+	—
Феллема:								
1) дифференцирована на зоны	+	+	—	—	+	+	+	—
2) клетки с различным сочетанием размеров	+	+	+	—	+	+	+	+
3) преобладает радиальный размер клеток	—	+	—	—	—	—	—	—
4) преобладает тангентальный размер клеток	—	—	—	+	—	—	—	—
Колленхима:								
1) наличие ткани	—	+	+	—	+	+	+	—
2) кристаллы и склереиды	—	—	+	—	—	—	+	—
Первичная кора:								
1) друзы расположены диффузно	+	+	+	—	+	+	+	+
Кольцо первичных механических элементов:								
1) гомогенное прерывистое	—	+	—	—	+	+	+	—
2) гетерогенное сплошное	—	—	+	—	—	—	—	—
3) гетерогенное прерывистое	+	—	—	+	—	—	—	+
4) шапкообразные группы волокон	—	+	—	—	—	—	—	+
5) кристаллоносная обкладка у групп волокон и склереид	+	+	+	+	+	—	+	+
Вторичная флоэма:								
1) преобладает тангентальный размер ситовидных трубок	+	+	+	+	+	+	+	—
2) преобладают ситовидные трубки	+	+	—	+	+	+	+	+
3) паренхимных клеток и ситовидных трубок равное количество	—	—	+	—	—	—	—	—
4) ситовидные трубки в рядах	+	+	+	+	—	+	+	+
5) лучи только однорядные	—	—	+	+	+	—	+	+
6) лучи дилатируют	—	—	+	—	—	—	—	—
7) лучи гетерогенные	+	+	+	—	+	+	+	+
8) часть лучей склерифицирована	+	—	+	+	—	+	+	—

Примечание – в таблицах наличие признака обозначено знаком "+", отсутствие знаком "—".

4) *Populus pyramidalis* – колленхима не отграничивается; кольцо первичных механических элементов гетерогенное прерывистое; флоэмные лучи гомогенные;

5) *Populus deltoides* – клеток феллемы 7 и более слоев; в паренхиме первичной коры мощная сеть танидоносных клеток; в составе кольца первичных механических элементов между группами волокон одиночные склереиды;

6) *Populus suaveolens* – трихомы одиночные, с утолщенными лигнифицированными стенками; волокна и склереиды кольца первичных механических элементов не имеют кристаллоносной обкладки; флоэмные лучи однорядные и двурядные; группы флоэмных волокон линзовидной формы и расположены двумя полосами;

7) *Populus balsamiferae* – клетки колленхимы несут монокристаллы оксалата кальция; часть клеток колленхимы склерифицирована; в паренхиме первичной коры единичные склереиды и кристаллы;

8) *Populus simonii* – колленхима не отграничивается; кольцо первичных механических элементов гетерогенное прерывистое; группы волокон кольца первичных механических элементов крупные шапковидной формы; радиальный размер ситовидных трубок превышает тангентальный; в составе гетерогенного флоэмного луча чередуются слои стоячих и лежащих клеток.

Таким образом, детальный анализ внутренней структуры коры аборигенных и интродуцированных в РБ тополей дает возможность диагностики видов рода по комплексу анатомических признаков однолетних стеблей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анатомия коры деревьев и кустарников : моногр. / В.М. Еремин [и др.] ; под ред. В.М. Еремина. – Брест : Изд-во Брестского гос. ун-та, 2001. – 187 с.
2. Прозина, М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина. – Москва : Высшая школа, 1960. – 206 с.
3. Скворцов, А.К. Порядок ивовые / А.К. Скворцов // Жизнь растений : в 6 т. – М. : 1981. – Т. 5 (2). – С. 81–86.
4. Чаховский, А.А. Опыт интродукции рода *Populus* L. в Белоруссию / А.А. Чаховский, Е.И. Орленок, Е.З. Бобореко // Интродукция растений : сб. статей / отв. ред. Н.В. Смольский. – Минск : Наука и техника, 1976. – С. 106–122.

N.V. Shkuratova. About Possibility of Diagnostic Species of Populus L. Genus on Belarus Territory by Anatomy Attributes of Bark of One-year Stem

The data of comparative-anatomical study of structure of one-year steam bark of poplar are represented in this article. The material is assembled on the territory of Brest region. The method of study is traditional for the anatomy of plants. The features of distinction in structure of bark of 8 species revealing the opportunities of their diagnostic are shown.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 11.02.2011 г.