

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОБЕГОВ ВИДОВ РОДА *ACER* L. В ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

И.А. ЗАЙЦЕВА

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепр (irinza\_ldfr@mail.ru)

## COMPARATIVE RESEARCH DIRECT TO STEM ANATOMICAL STRUCTURE OF *ACER* L. SPECIES UNDER TECHNOGENIC CONDITIONS IN THE STEPPE DNIEPER REGION

I.A. ZAITSEVA

Oles' Honchar National University of Dnieper (irinza\_ldfr@mail.ru)

**Резюме.** В работе приведены данные по формированию анатомической структуры побегов взрослых растений и стеблей самосева клёнов в условиях промышленного загрязнения. Сравнительный анализ изменения гистологических комплексов побегов клёнов различного происхождения под влиянием SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> выявил зависимость между формированием анатомо-морфологических адаптивных признаков и степенью устойчивости вида к климатическим условиям района исследований. Установлено, что наибольшими адаптивными возможностями в техногенных культурфитоценозах обладает *Acer negundo* L.

**Ключевые слова:** устойчивость, структура побегов, клёны, фитотоксиканты.

**Abstract.** The article deals with the data of forming anatomical structure of stems in grown-up plants and sprouts of maple seeding under the conditions of industrial pollution. The changes of the stem histological complexes in maples of different origin under the influence of SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> were compared. The dependence between the anatomical and morphological adaptive parameters and the degree of species tolerance to climatic conditions of this region was revealed. It was established that *Acer negundo* L. has the greatest adaptive possibilities in the technogenic cultural phytocenoses.

**Key words:** stability, structure of stems, maples, phytotoxicants.

Зелёные насаждения выполняют важную роль в оптимизации состояния окружающей среды в регионах с техногенной нагрузкой, к которым относится и степная часть Приднепровья. На этой территории видовой состав аборигенной дендрофлоры, который используется в озеленении, довольно ограничен. К нему в основном отнесены культивируемые древесно-кустарниковые интродуценты, которые способны к семенному возобновлению и включаются в лесные фитоценозы природного или искусственного происхождения [Тарасов, 2005]. Ценными декоративными породами среди этой группы древесных растений являются виды рода *Acer* L. – *A. negundo* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L., а также *A. platanoides* L., который в Степном Приднепровье находится на южной границе своего природного ареала.

В условиях крупного индустриального города в зоне действия промышленных предприятий древесные растения испытывают действие комплекса техногенных факторов. Изучение устойчивости растений в новых экологических условиях имеет как теоретическое, так и важное прикладное значение при формировании дендросостава зелёных насаждений жилой и промышленной застройки, защитных зон предприятий. Достоверным показателем успешности роста и адаптации древесных растений является способность интродуцировать давать самосев [Кохно, Курдюк, 1994]. Именно такие виды используются для создания культурфитоценозов и оптимизации урбанизированной техногенной среды в условиях повышенного напряжения экологических факторов [Захаренко, 2006; Кулагин, 1980].

При интегральной оценке жизнеспособности и перспективности древесных пород в сложных экологических условиях учитываются такие показатели, как анатомическое строение и степень вызревания побегов, а также интенсивность вегетативного роста растений. Процессы формирования и дифференциации тканей побега тесно связаны с функционированием физиолого-биохимических механизмов роста и развития и являются их структурным отражением. В зависимости от длительности и силы воздействия экологических факторов, к которым относится и промышленное загрязнение, происходят как функциональные, так и структурные изменения тканей и органов [Ловелиус, 1979]. Для создания интродукционных популяций, устойчивых к воздействию промышленных поллютантов, особую значимость такие биолого-экологические исследования приобретают на ранних этапах развития семенного потомства древесных пород.

В работе проводили сравнительное изучение показателей анатомической структуры однолетних побегов 2-3х-летнего самосева и экземпляров репродуктивного возраста двух видов клёнов, произрастающих в районе размещения коксохимического и металлургического производств, в условиях хронического действия газообразных выбросов, преимущественными из которых являются  $SO_2$  и  $NO_2$ . Для изучения были выбраны виды, которые составляют основу древостоя санитарно-защитных насаждений в районе исследований: *Acer platanoides* – аборигенный вид, находящийся на южной границе своего естественного ареала, и *A. negundo* – североамериканский вид, давно натурализовавшийся в данном природно-климатическом районе. Относительным контролем служили лесопарковые насаждения зоны отдыха ботанического сада ДНУ им. Олеся Гончара, где также отмечается естественное семенное возобновление этих видов клёна. Пробы отбирали в 10-ти кратной повторности, в каждой из которых изучено по 5 срезов.

Сравнительный анализ экспериментальных данных по анатомическому строению однолетних побегов деревьев репродуктивного возраста, представленных в виде относительных величин (табл. 1), позволяет сделать вывод о разной степени влияния фитотоксикантов на формирование основных гистологических элементов двух видов клёна. В условиях недостатка влаги, характерных для района исследований, у *A. platanoides* отмечается усиление эффекта отрицательного воздействия газообразных фитотоксикантов – снижение общих размеров покровной ткани и входящих в её состав пробки и колленхимы. Увеличение этих показателей у *A. negundo* можно рассматривать как проявление адаптивной реакции этого вида к загрязнению среды.

Для побегов *A. platanoides* в контроле характерны более высокие относительные размеры гистологических элементов флоэмы – твердого и мягкого луба – по сравнению с *A. negundo*, однако в условиях промплощадки отрицательный эффект влияния фитотоксикантов на *A. platanoides* проявляется и на развитии этих тканей, расположенных под вторичной покровной тканью. У *A. negundo* в зоне загрязнения отмечается обратная реакция – увеличение относительных размеров флоэмы, так же, как и покровной ткани. Такие количественные изменения структурных элементов флоэмы *A. negundo* в условиях хронического воздействия  $SO_2$  и  $NO_2$  носят адаптивный характер, направленный как на усиление механических элементов побега, так и на увеличение возможностей дальнего транспорта ассимилятов и в целом обменных процессов тканей и органов целого растения.

Таблица 1

Линейные размеры толщины отдельных гистологических комплексов однолетних побегов (в % к суммарной величине всех тканей среза)

Гистологические элементы побега	<i>Acer platanoides</i> L.		<i>Acer negundo</i> L.	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Пробка	11,6±0,83	7,9±0,95	2,6±0,21	6,4±0,67
Колленхима	8,4±1,24	5,9±0,37	12,8±16,7	16,7±1,03
Твердый луб	5,2±0,31	3,9±0,15	4,7±0,72	6,4±0,98
Мягкий луб	15,5±0,52	11,3±0,43	13,4±1,23	16,2±1,44
Ксилема	59,3±0,26	71,9±0,44	66,4±1,85	54,0±1,75

В отношении другой проводящей ткани – ксилемы – можно отметить, что в норме размеры её в побегах *A. negundo* несколько выше по сравнению с *A. platanoides*. Важным показателем водопроводящей функции ксилемы является и количество сосудов, которое в побегах *A. negundo* составляет 48,0±1,25 (в поле зрения микроскопа 7x40), *A. platanoides* 39,7±2,9. Эти данные свидетельствуют о достаточно высоком влаголюбии *A. negundo* в условиях степной зоны Украины, что подтверждается результатами наших исследований физиологических показателей водообмена видов рода *Acer* [Зайцева, 2004; Зайцева, Долгова, 2010]. Под влиянием фитотоксикантов на промплощадке у *A. platanoides* увеличивается количество сосудов (до 44,6±1,27), в то время как у *A. negundo* снижается их количество (до 30,0±2,03) и относительные размеры ксилемы, что может привести к усилению состояния водного стресса в засушливых условиях района исследований. По-видимому, низкая физиологическая засухоустойчивость является одним из ведущих факторов снижения устойчивости и малой долговечности *A. negundo* на фоне хронического комплексного неблагоприятного воздействия гидротермического и техногенного факторов в условиях степной зоны. При достаточном водообеспечении увеличение размеров покровной ткани и флоэмы в зоне хронического влияния SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> обеспечивает более высокую устойчивость *A. negundo* по сравнению с *A. platanoides*.

Результаты исследований показывают, что фитотоксиканты вызывают изменения анатомических показателей стебля у самосева изучаемых видов клёнов, направленность которых в целом согласуется с реакцией побегов взрослых растений *A. negundo* и *A. platanoides* на загрязнение (табл. 2).

Таблица 2

Размеры тканей стебля у однолетнего самосева клёнов в различных экологических условиях, мкм

Гистологические комплексы стебля	<i>Acer platanoides</i> L.		<i>Acer negundo</i> L.	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Первичная кора	220,2±5,08	127,2±0,20	188,0±2,66	196,1±11,97
Колленхима	94,1±0,14	62,0±0,51	69,1±1,73	91,1±1,11
Пробка	35,9±1,71	40,0±0,92	25,1±1,01	40,8±0,96
Вторичная кора	130,1±5,12	105,3±1,08	173,4±3,59	158,0±2,38
Мягкий луб	91,4±0,59	80,0±3,20	135,0±2,41	111,4±4,13
Твердый луб	40,2±0,14	23,1±0,85	36,1±0,24	34,0±0,20
Древесина	374,4±25,05	231,3±8,31	318,0±19,00	219,0±18,01
Сердцевина	1349,2±15,82	1120,1±42,04	884,3±9,23	882,3±28,21

Для ювенильных растений особое значение имеют такие гистологические элементы первичной коры, как колленхима и пробка. У более устойчивого к загрязнению по комплексу морфометрических показателей *A. negundo* размеры этих тканей в стеблях самосева увеличиваются, что свидетельствует о возрастании барьерных свойств покровных тканей по отношению к газообразным фитотоксикантам. У более чувствительного к промышленным эмиссиям *A. platanoides* в зоне с высоким уровнем загрязнения среды SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> размеры первичной коры и колленхимы у ювенильных растений заметно снижаются, хотя размеры пробки несколько увеличиваются. Следует отметить, что зимостойкость по-

бегов во многом зависит от степени развития механической ткани первичной коры. Поэтому уменьшение её ширины у *A. platanoides* может влиять не только на устойчивость к токсичным газам, но и на термоустойчивость растений на ранних этапах развития. Что касается пробкового слоя, то наблюдается возрастание его толщины у обоих видов на промышленной территории. Известно [Винниченко, 1989], что пробковый слой не пропускает газы и жидкости, обладает слабой теплопроводностью и хорошо защищает побеги от обезвоживания, перегрева и других неблагоприятных факторов, следовательно, увеличение размеров феллемы у самосева *A. negundo* и *A. platanoides* можно рассматривать как выраженную адаптивную реакцию на влияние  $SO_2$  и  $NO_2$ .

Полученные результаты показывают, что наиболее чувствительными гистологическими элементами стеблей самосева клёнов к аэрогенному загрязнению являются проводящие ткани флоэмы и ксилемы. Уменьшение размеров вторичной коры у *A. platanoides* происходит за счёт тканей мягкого и твердого луба, а у *A. negundo* тормозится развитие именно проводящих элементов вторичной коры – мягкого луба, в то время как размеры механических элементов (твердого луба) остаются на уровне контроля. У обоих изучаемых видов ширина древесины существенно падает, причём наиболее сильное снижение данного параметра наблюдается у *A. platanoides*.

Таким образом, изменения в соотношении гистологических элементов вторичной коры в зоне загрязнения могут повлиять на регуляцию нисходящего тока ассимилятов в стеблях всходов *A. negundo* и *A. platanoides*, изменения в структуре ксилемы могут негативно отразиться на восходящем токе воды и минеральных веществ в надземные органы.

Наблюдаемые значительные количественные изменения анатомических параметров стебля ювенильных растений являются следствием нарушения под действием токсикантов процессов деления клеток и формирования тканей.

Наиболее чувствительными к промышленным поллютантам являются ювенильные растения *A. platanoides*, у которых нарушается формирование практически всех тканей осевых органов, в то время как у взрослых растений в ходе онтогенеза наряду с угнетением развития гистологических комплексов побега вырабатываются адаптивные реакции, направленные на улучшение водного баланса растений. У более устойчивого к загрязнению среды *A. negundo* на разных этапах онтогенетического развития происходят сходные адаптивные изменения структуры побегов, которые можно рассматривать как проявление анатомо-морфологической устойчивости к газообразным выбросам  $SO_2$  и  $NO_2$  промышленных предприятий в засушливых условиях Степного Приднпровья.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Винниченко А.Н.** 1989. Анатомия растений. Днепропетровск: Изд-во ДГУ: 115 с.
- Зайцева І.О.** 2004. Динаміка водообмінних процесів видів роду *Acer L.* у зв'язку з їх посухостійкістю. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія.* 1: 54–61.
- Зайцева І.О., Долгова Л.Г.** 2010. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних роллин у Степовому Придніпров'ї. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ: 388 с.
- Захаренко Г.С.** 2006. Биологические основы интродукции и культуры видов рода кипарис (*Cupressus L.*). Киев: Аграрна наука: 256 с.
- Кохно Н.А., Курдюк А.М.** 1994. Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине. Киев: Наукова думка: 186 с.
- Кулагин Ю.З.** 1980. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. Москва: Наука: 115 с.
- Ловеллус Н.В.** 1979. Изменчивость прироста деревьев: дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Ленинград: Наука: 128 с.
- Тарасов В.В.** 2005. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ: 276 с.