

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ АССИМИЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

© 2011 Н.Н. Егорова, А.Т. Нафикова

Институт биологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

Поступила 16.05.2011

Исследованы изменчивость и особенности развития тканей ассимиляционного аппарата березы повислой (*Betula pendula* Roth), тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), произрастающих в экстремальных лесорастительных условиях. Выявлены адаптивные видоспецифические изменения анатомической и морфологической организации древесных растений.

**Ключевые слова:** адаптация, анатомия, морфология, изменчивость, ассимиляционный аппарат, экстремальные лесорастительные условия.

Изучение влияния экстремальных лесорастительных условий (ЛРУ) на анатомо-морфологические показатели ассимилирующих органов березы и тополя, являются одним из важнейших компонентов лесных экосистем [1]. Такой подход к изучению углубленной оценки анатомо-морфологических исследований тканей листьев березы и тополя, обусловлен тем, что ткани являются из наиболее чувствительных, малоинерционных и информационных показателей состояния ассимиляционных органов растений в условиях техногенного загрязнения.

Цель данной работы - охарактеризовать состояние насаждений и определить взаимосвязи между показателями анатомического строения ассимиляционного аппарата березы повислой (*Betula pendula* Roth), тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), в экстремальных лесорастительных условиях.

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Выполнена оценка относительного жизненного состояния древостоев. В лесных насаждениях по общепринятым методикам [2] закладывались пробные площади. На каждой пробной площади производился сплошной перебор деревьев (не менее 200 шт.), определялся диаметр и высота всех деревьев. Определение относительного жизненного состояния (ОЖС) древостоев позволяет дать комплексную оценку их состояния под действием экологических факторов. За основу была взята методика В.А.Алексеева с соавт. (1990) [3], с некоторыми изменениями применительно к листовым древесным породам, в соответствии с их биологическими особенностями. В ходе пересчета, с помощью бинокля (БПЦ 7x50) проводили визуальную оценку следующих диагностических признаков ОЖС деревьев: густота кроны (в % от нормальной густоты), наличие на стволе мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе), степень повреждения листьев токсикантами, патогенами и

насекомыми (средняя площадь некрозов, хлорозов и объеданий в % от площади листа). ОЖС насаждений определяли по следующей шкале: здоровое насаждение, ослабленное, сильно ослабленное и полностью разрушенное.

Было заложено по пять пробных площадей в насаждениях березы и тополя. Пробные площади располагаются близ города Сибай (на отвалах Сибайского филиала Учалинского горно-обогатительного комбината – СФ УГОК), близ города Учалы (на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината – УГОК), близ города Кумертау (на отвалах Кумертауского бурогольного разреза – КБР), в городе Стерлитамаке (промышленная зона – СПЦ) и на Уфимском плато (многолетняя почвенная мерзлота – МПМ). Возраст насаждений составлял 40-50 лет на отвалах УГОК, СФ УГОК, КБР и в СПЦ и 80-120 лет на УП.

Объекты исследований: береза повислая и тополь бальзамический. На каждой пробной площади отбор образцов производился по схеме: ассимиляционный аппарат 100 шт. из средней части кроны. Деревья для отбора проб выбирались по возможности разновозрастные и здоровые [4].

Приготовление временных препаратов тканей растений проводили по общепринятым методикам [5, 6-8]. Препараты изучали при помощи светового микроскопа Amplival (Carl Zeiss Jena, Germany) при различном увеличении объектива. Срезы фотографировали цифровым фотоаппаратом Olympus Camedia C 4000 (Olympus LTD, Japan) при 192-кратном увеличении.

Статистическая обработка фактического материала проводилась общепринятыми методами [9] с использованием пакета программ MS Excel 2000.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Определено, что уровень индивидуальной изменчивости признаков ассимилирующих органов березы и тополя невысок (табл. 1 и 2).

Установлено, что в экстремальных условиях наблюдается увеличение толщины листовой пластинки березы, произрастающих на отвалах СФ УГОК, и КБР, на склонах северной экспозиции с МПМ,

Егорова Наталья Николаевна, канд. биол. наук,  
e-mail: natalja.eg2010@yandex.ru,  
Нафикова Алина Тагировна, e-mail: All\_mell@inbox.ru

что свидетельствует о неспецифической реакции ассимиляционного аппарата березы на действие различных техногенных и природных экстремальных факторов внешней среды (рис. 1). Изменение мощности развития различных тканей листьев у растений, произрастающих в экстремальных усло-

виях, связано с нарушением процессов роста и развития листьев. В целом это выступает как проявление адаптивной реакции ассимиляционного структурно-функционального комплекса, обеспечивающего успешное произрастание березы в экстремальных ЛРУ.

**Таблица 1.** Сезонная динамика изменений размеров тканей ассимиляционного аппарата березы повислой (*Betula pendula* Roth), развивающейся в экстремальных лесорастительных условиях

Пробная площадь	Сроки отбора образцов	Толщина тканей листовой пластинки, мкм					
		Верхняя кутикула	Верхний эпидермис	Столбчатая паренхима	Губчатая паренхима	Нижний эпидермис	Нижняя кутикула
СФ УГОК	июнь	0,92±0,04	1,39±0,08	6,00±1,65	7,11±0,20	0,89±0,57	0,71±0,06
	июль	1,01±0,07	2,08±0,27	5,04±0,37	9,81±1,23	0,96±0,10	0,73±0,07
	август	<b>1,19±0,07</b>	1,44±0,14	4,79±0,14	9,36±0,53	0,84±0,03	<b>0,74±0,03</b>
УГОК	июнь	<b>0,74±0,06</b>	0,89±0,11	5,86±0,38	6,80±0,45	0,73±0,03	0,60±0,06
	июль	0,95±0,02	1,58±0,05	<b>4,05±0,20</b>	6,64±0,44	0,76±0,03	0,63±0,02
	август	0,87±0,03	<b>0,81±0,06</b>	<b>6,08±0,08</b>	<b>16,55±0,56</b>	<b>0,99±0,06</b>	0,66±0,56
КБР	июнь	0,86±0,04	1,40±0,11	5,90±0,42	<b>5,83±0,53</b>	0,81±0,05	0,59±0,02
	июль	0,82±0,06	1,53±0,12	4,47±0,22	6,99±0,38	0,79±0,07	0,59±0,08
	август	0,92±0,04	1,92±0,04	4,62±0,16	7,90±0,54	<b>0,99±0,05</b>	0,71±0,04
СПЦ	июнь	0,86±0,06	1,43±0,06	5,27±0,55	8,06±0,26	0,74±0,05	0,63±0,02
	июль	0,84±0,04	1,23±0,06	4,32±0,36	6,42±0,70	0,81±0,08	0,52±0,03
	август	0,77±0,03	1,19±0,09	4,08±0,24	6,22±0,50	0,71±0,07	0,52±0,03
УП	июнь	0,79±0,02	1,58±0,05	5,02±0,16	6,67±0,18	<b>0,69±0,02</b>	<b>0,5±0,04</b>
	июль	0,87±0,10	1,60±0,08	4,42±1,56	9,16±0,29	0,76±0,01	0,8±0,05
	август	0,78±0,08	<b>2,10±0,10</b>	4,59±0,23	8,69±0,63	0,96±0,05	<b>0,74±0,09</b>

Прим.: здесь и далее в таблице: ± показывает стандартную ошибку при проведении описательной статистики. Жирным шрифтом выделены максимальные и минимальные значения толщины ткани

У тополя, произрастающего в различных природных и техногенных экстремальных ЛРУ адаптивные реакции ассимиляционного аппарата к условиям внешней среды проявляются сходным образом.

Общее состояние березовых насаждений исследованных экотопов по сравнению с исследуемыми

древесными породами тополя характеризуется как наилучшее. Насаждения на УП отнесены к категории «здоровые» (ОЖС составляет 96,7%). Остальные березняки характеризуются как «ослабленные». ОЖС составляет 66,8% (СПЦ), 69,8% (отвалы СФ УГОК), 73,1% (отвалы УГОК) и 75,7% (отвалы КБР).

**Таблица 2.** Сезонная динамика изменений размеров тканей ассимиляционного аппарата тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в экстремальных лесорастительных условиях

Пробная площадь	Сроки отбора образцов	Толщина тканей листовой пластинки, мкм					
		Верхняя кутикула	Верхний эпидермис	Столбчатая паренхима	Губчатая паренхима	Нижний эпидермис	Нижняя кутикула
СФ УГОК	июнь	<b>0,54±0,06</b>	0,86±0,02	6,51±0,47	6,77±0,28	<b>0,66±0,05</b>	0,60±0,04
	июль	0,71±0,02	<b>0,72±0,04</b>	6,80±1,23	8,15±0,32	0,84±0,06	0,55±0,03
	август	0,71±0,06	0,82±0,05	7,58±0,48	8,95±0,45	0,86±0,03	0,66±0,05
УГОК	июнь	<b>0,54±0,06</b>	0,86±0,02	6,51±0,47	6,77±0,28	<b>0,66±0,05</b>	0,60±0,04
	июль	0,78±0,06	0,92±0,14	<b>8,59±0,43</b>	8,34±0,98	0,91±0,03	0,62±0,06
	август	<b>0,94±0,03</b>	<b>1,48±0,07</b>	5,28±0,36	7,27±0,18	0,92±0,04	0,69±0,04
КБР	июнь	0,81±0,02	0,92±0,09	7,71±0,15	9,02±0,46	<b>1,02±0,06</b>	<b>1,53±0,67</b>
	июль	0,79±0,02	0,84±0,03	7,26±0,30	8,54±0,36	1,01±0,04	0,72±0,02
	август	0,71±0,04	0,97±0,08	7,91±0,26	<b>10,20±0,16</b>	0,99±0,05	0,72±0,03
СПЦ	июнь	<b>0,54±0,08</b>	<b>0,72±0,14</b>	5,11±0,50	<b>6,09±0,97</b>	0,82±0,08	0,63±0,02
	июль	0,67±0,08	0,83±0,04	7,11±0,57	8,84±0,50	0,95±0,06	0,59±0,06
	август	0,67±0,01	1,13±0,46	<b>4,28±0,17</b>	7,18±0,04	1,01±0,08	<b>0,42±0,01</b>

Наименьший уровень плодоношения зафиксирован в березняках, произрастающих на УП и отвалах КБР – 1-2 балла, наибольший – на отвалах УГОК и СФ УГОК – 3-4 балла, промежуточные положения занимают насаждения в СПЦ – плодоношение 2-3 балла. Процесс естественного возобновления успешно протекает на отвалах УГОК, где количество «мелкого» и «крупного» подроста составляет соответственно 3400 и 600 шт./га. Значительно меньше подроста обнаруживается на отвалах СФ УГОК и КБР, а также на УП – 210/150, 20/0 и 100/75 шт./га соответственно. В культурах березы, произрастающих в условиях СПЦ, подрост не обнаружен вследствие разрастания травянистой растительности.

ОЖС насаждений тополя в СПЦ составляет 75%. Насаждение отнесено к категории «ослабленных». Естественного возобновления под пологом этих насаждений нет из-за формирования травяного покрова и слабого плодоношения (0-1 балл).

Плодоношение тополей, произрастающих на отвалах КБР, СФ УГОК и УГОК не отмечается. Вместе с тем, отмечается зарастание отвалов СФ УГОК и УГОК за счет растений-обсеменителей с прилегающих территорий – до 280 шт./га (мелкого и крупного подроста) и 30 шт./га (все относятся к категории мелкого).

Следует отметить, что характерной особенностью анатомической организации листьев является их высокая изменчивость в зависимости от освещения, водообеспеченности и температурных режимов, а также интенсивностью поступления техногенных веществ в окружающую среду [10].

Обнаружено скачкообразное увеличение толщины ассимилирующих органов березы и тополя, подтверждающие о качественном видоизменении экологических условиях, т.е. при значительном уменьшении ингибирующих факторов и усилении фотосинтетического потенциала листовых пластинок (рис. 2).

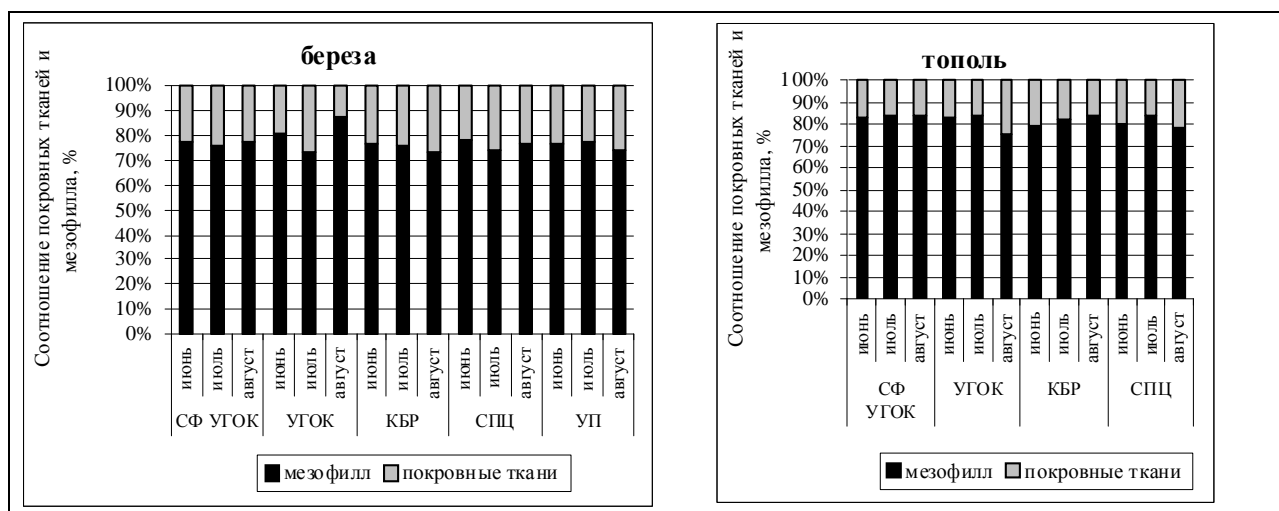


Рис. 2. Соотношение величин покровных тканей и мезофилла (%) ассимиляционного аппарата березы повислой (*Betula pendula* Roth), тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), произрастающих в экстремальных лесорастительных условиях.

В обычных (фоновых) условиях величина тканей и клеток варьирует в сравнительно в узких пределах.

Видоспецифические и общие реакции древесных растений на воздействие экстремальных экологических факторов служат основой устойчивости и определяют адаптивный потенциал лесобразующих видов.

Определение относительного жизненного состояния в сочетании с анатомическими и морфологическими характеристиками растений позволяет установить не только статус древостоев, но также выявить причины и тенденции негативных изменений. Общее состояние березняков в различных условиях произрастания характеризуется как наилучшее по сравнению с другими насаждениями. Относительное жизненное состояние большинства исследованных древостоев других древесных пород характеризуется как «ослабленное». При этом в условиях многолетней почвенной мерзлоты (берез-

няки – «здоровые») относительное жизненное состояние насаждений выше, чем у всех пород на техногенных местообитаниях. Плодоношение изменяется в пределах 0-5 баллов и наилучшие показатели характерны для техногенных экотопов. Возобновительный процесс идет «удовлетворительно» только на отвалах Учалинского горнообогатительного комбината, где отмечено успешное заселение площадей березой.

Сезонные анатомо-морфологические изменения строения ассимиляционных органов носят адаптивный характер и необходимы для выживания растений в экстремальных лесорастительных условиях. Для ассимиляционных органов березы в экстремальных условиях произрастания в течение вегетационного периода характерно общее увеличение толщины листа, при этом в наибольшей степени увеличение толщины листьев происходит за счет мезофилла.

У растений тополя на всех исследуемых пробных площадях наблюдается утолщение листовой пластинки. Это происходит за счет эпидермиса и кутикулы, что является приспособительной реакцией.

Видоспецифические реакции, выражающиеся в анатомической организации ассимиляционных органов, проявляются в следующем: у березы в увеличении толщины мезофилла; у тополя в постепенном увеличении толщины покровных тканей. При этом в качестве общих закономерностей необходимо отметить наличие на поверхности ассимиляционных органов нечеткой дифференциации внешних слоев и разрыхление мезофилла.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ (грант № 11-04-97025).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костюк В.И., Мельник Н.А., Вихман М.И. Состояние ассимилирующих органов березы в окрестностях Апатитской ТЭЦ, Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 87 с.
2. Сукачев Н.В. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1966. 333 с.
3. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 38–54.
4. Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. 240 с.
5. Барыкина Р.П., Кострикова Л.Н., Кочемарова И.П. и др. Практикум по анатомии растений. М.: Росвузиздат, 1963. 184 с.
6. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. М.: Изд. МГУ, 2004. 312 с.
7. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1974. 288 с.
8. Руководство по эксплуатации ОМТ-01.00.000РЭ (ТУ 9443-001-322853843-99). Екатеринбург, 1999. 12 с.
9. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.
10. Гамалей Ю.В. Транспортная система сосудистых растений. СПб.: Изд. С.-Петербург. ун-та, 2004. 424 с.

### VARIABILITY OF TRAITS OF THE ANATOMIC STRUCTURE OF ASSIMILATING APPARATUS OF *BETULA PENDULA* ROTH AND *POPULUS BALSAMIFERA* L. IN EXTREME FOREST VEGETATION CONDITIONS

© 2011 N.N. Egorova, A.T. Nafikova

Institute of Biology, Ufa Sci. Centre of RASciences, Ufa

Variability and features of fabrics assimilating apparatus development of *Betula pendula* Roth, and *Populus balsamifera* L., growing in extreme forest vegetation condition have been investigated. Adaptive species - specific changes of the anatomic and morphological organization of wood plants have been revealed.

**Key words:** adaptation, anatomy, morphology, variability, assimilating apparatus, extreme tree – growing condition.