

УДК 581.5

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МЕТАЛЛАМИ

© 2003 А.А. Кулагин

Институт биологии Уфимского научного центра РАН

В работе представлена сравнительная оценка относительного жизненного состояния насаждений тополя бальзамического санитарно-защитной и зеленой зоны г. Уфы и г. Стерлитамака как наиболее загрязненных городов Республики Башкортостан, выявлены изменения дыхания, роста, морфологических особенностей, содержания пигментов и повреждений листьев, а также формирования и развития корневой системы тополя бальзамического на фоне повышенного содержания металлов в растительном субстрате, изучена сравнительная фитотоксичность отдельных металлов по изменениям наиболее значимых морфофизиологических параметров растений, составлены ряды фитотоксичности некоторых металлов по отношению к тополию.

Развитие промышленного производства при низком уровне очистных мероприятий на промышленных предприятиях приводит к тому, что в окружающую среду с выбросами поступают огромные количества токсичных соединений, значительную часть которых составляют металлы. Токсиканты оказывают негативное влияние на здоровье населения. Очевидно, что растительность в значительной степени страдает от заводских выбросов, но “оздоровление” промышленных центров невозможно без озеленения [8, 11, 14]. Создание системы санитарно-защитных насаждений вблизи промышленных предприятий заметно снижает содержание поллютантов в окружающей среде благодаря способности растений задерживать и частично аккумулялировать газо- и пылевидные частицы, входящие в состав выбросов. Отмечается, что в максимальной степени санитарно-защитные функции выполняют древесные растения [2, 4, 6-11, 13-16, 21, 24-28].

Следует отметить, что среди множества древесных пород тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) является видом, который широко используется в “зеленом строительстве” как в Башкирском Предуралья, так и по всей России.

Токсичные соединения, действуя на растения, оказывают негативное влияние на их рост и развитие, а также изменяют нормальное протекание физиолого-биохимических процессов, например, таких как фотосинтез, дыхание и др. [16].

Для понимания механизмов морфофизиологической адаптации растений в условиях антропогенного стресса при хроническом или аварийном загрязнении окружающей среды металлами, а также для прогнозирования изменений, связанных с повышением концентрации токсикантов в растительном субстрате необходимо изучить действие отдельных металлов-загрязнителей на растения. Следует отметить, что в литературе имеются сведения о действии промышленных токсикантов, в том числе и металлов, на физиологические процессы, происходящие в древесных растениях [5, 12, 19, 20, 22, 23, 28]. Но результаты изучения изменений физиологического характера на фоне повышенного содержания металлов в окружающей среде носят не систематизированный и разрозненный характер.

Цель настоящей работы – охарактеризовать состояние насаждений тополя бальзамического в пределах промышленных центров Башкирского Предуралья, изучить особенности развития растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) при вегетативном размножении в условиях повышенных концентраций металлов и охарактеризовать сравнительную фитотоксичность металлов по отношению к данному виду древесных растений.

### Материалы и методы исследований

Исследования проводили в два этапа: первый - оценка относительного жизненного состо-

яния (ОЖС) насаждений тополя бальзамического, произрастающих в техногенных условиях Уфимского и Стерлитамакского промцентров по методике В.А. Алексеева [1], адаптированной применительно к листовым породам; второй - проведение вегетационных экспериментов по выявлению характера и степени влияния сублетальных концентраций ионов различных металлов на некоторые морфофизиологические параметры растений тополя бальзамического.

Повреждения листьев опытных растений тополя бальзамического (хлорозы и некрозы) в течение эксперимента оценивались визуально. Морфологические изменения листьев опытных растений, вызванные действием различных металлов определяли с помощью микроскопа Amplival (Carl Zeiss Jena, Germany). Дыхание листьев определяли по методу Варбурга с использованием аппарата Варбурга (WARBURG-APPARAT VEB GLASWERKE STUTZEBACH, Germany). Пигменты в листьях определяли по методу Wintermans, De Mots. Содержание пигментов определяли на спектрофотометре SPECOL 21 (Poland) [3].

Для характеристики корневых систем опытных и контрольных растений определяли следующие параметры: массу корневых систем, длину корней первого порядка и количество корней первого порядка. Массу корневых систем определяли в воздушно-сухом состоянии с помощью лабораторных весов Zakłady mechaniki precyzyjnej (Gdansk, Poland) с точностью до 0,01 г, длину корней первого порядка измеряли штангенциркулем.

Все измерения проводились не менее чем в 10 повторностях. Математическая обработка полученных данных производилась по общепринятым методикам [18] с использованием статистического пакета Microsoft Excel 2000.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

**Насаждения тополя бальзамического в условиях техногенеза.** При изучении насаждений древесных растений в техногенных условиях Башкирского Предуралья (на примере Уфимского и Стерлитамакского промышленного центра) установлено, что накопление металлов в листьях, побегах, коре и корнях тополя бальзамического

в среднем на 25-30% больше по сравнению с аналогичными показателями других видов древесных растений, произрастающих в санитарно-защитных насаждениях вышеуказанных промцентров. Показано, что благодаря повышенной металлкумуляционной способности и действию постоянного антропогенного пресса состояние большинства отдельных деревьев и насаждений тополя бальзамического в целом характеризуется как "сильно ослабленное" (ОЖС в среднем составляет 41,9% для Уфимского и 42,4% для Стерлитамакского промцентра). Следует отметить, что состояние насаждений во многом определяется их возрастом – исследуемые насаждения представляют собой культуры 1950-х годов посадки и на сегодня день вступают в критический возраст. Несмотря на состояние насаждений тополя бальзамического применение именно этого вида древесных растений для создания санитарно-защитных насаждений представляется наиболее перспективным. Это обусловлено высокой пластичностью вида по отношению к действию экологических факторов среды, быстрым ростом, высокой газо- и пылепоглощательной способностью, а также удобством размножения черенками при высокой их приживаемости и декоративностью вида.

**Вегетационный эксперимент - песчаная культура.** Изучение влияния высоких концентраций ионов металлов на растения тополя бальзамического в условиях песчаной культуры позволило установить изменения морфофизиологических параметров растений. Так, при визуальном изучении листьев тополя бальзамического было установлено, что по ходу эксперимента проявлялись повреждения в виде хлорозных пятен, которые постепенно сменялись некрозными пятнами, а некоторые участки листьев усыхали. Характер распространения повреждений листьев был следующим - от периферии к центру и основанию листа. Большинство поврежденных листьев опадало. Следует отметить, что повреждения в виде скручивания листьев не обнаружены.

Действие ионов различных металлов на характер жилкования листьев растений тополя бальзамического проявляется в виде изменения соотношения длины жилок контрольных и опытных растений (рис. 1, 2). Отмечается, что при

действии  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  происходит снижение количества жилок на единицу площади листа, однако процент снижения не превышает 25. Ионы  $Ba^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и  $Zn^{2+}$  увеличивают количество жилок на 10,6%, 4,7% и 32,9% относительно контрольного значения соответственно.

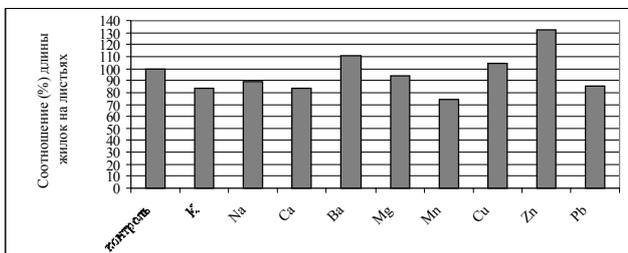
Показано, что количество устьиц на листьях опытных растений изменяется относительно контрольных образцов под действием ионов металлов. Увеличение их количества происходит на 24,5% при действии  $Zn^{2+}$ , на 18,7% -  $K^+$  и на 4,3% -  $Ba^{2+}$ . Ионы других металлов в различной степени обуславливают снижение количества устьиц. Максимальное снижение количества устьиц отмечается при действии  $Cu^{2+}$  на растения и составляет 64,7% от 100%-го контрольного значения. По всей видимости эффект снижения или увеличения количества устьиц на листьях опытных растений является опосредованным, т.к. количество устьиц на единицу площади листа генетически детерминировано. Однако, в дальнейшем посредством действия различных экологических факторов происходит

изменение роста листьев так, что при торможении роста листа наблюдается эффект увеличения, а при стимуляции роста листьев – эффект снижения количества устьиц. Таким образом,  $Zn^{2+}$ ,  $K^+$  и  $Ba^{2+}$  несколько угнетают, а остальные ионы – стимулируют рост листьев тополя бальзамического.

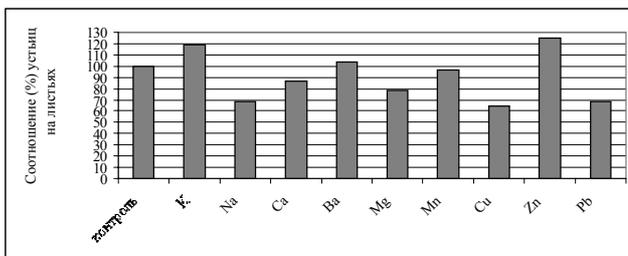
При изучении внутреннего строения листьев опытных и контрольных растений тополя бальзамического показано (рис. 3), что значительные изменения в соотношении различных слоев при действии ионов металлов отсутствуют. Этот факт свидетельствует об устойчивости тополя бальзамического к действию повышенных концентраций некоторых металлов – загрязнителей окружающей среды, поскольку сохранение морфологических параметров в пределах нормы (контроля) свидетельствует о потенциальных возможностях растения выживать в жестких условиях техногенеза.

Уровень дыхания листьев – лабильный параметр растений, который характеризуется суточной, сезонной динамикой и изменяется в ходе онтогенеза растений, исходя из энергетических потребностей организма. При повышении концентрации металлов в окружающей среде также происходит изменение значения дыхания листьев. На рис.4 показаны соотношения дыхания листьев опытных и контрольных растений во время эксперимента. Металлы были разделены на три группы по характеру изменений дыхания после обработки растений водными растворами солей металлов.

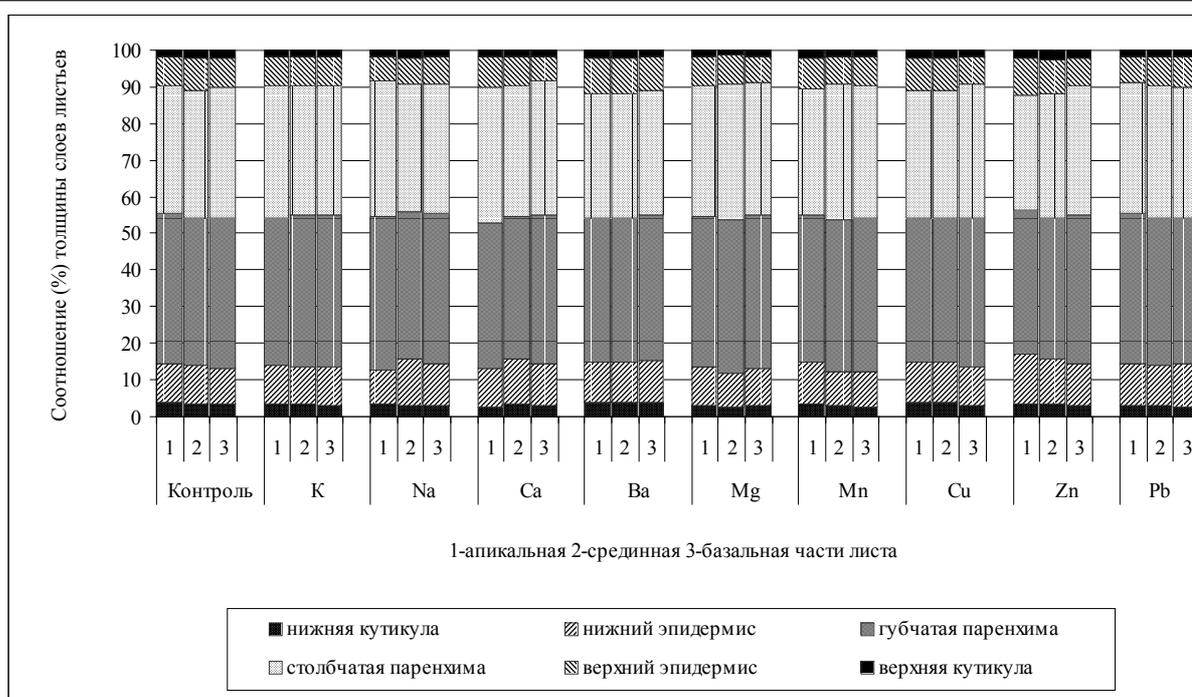
Установлено, что при действии  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  происходят волнообразные изменения соотношения дыхания листьев опытных и контрольных образцов. Так, на 3–12-е сутки отмечалось снижение, на 15–18-е сутки увеличение, на 21-е – нормализация, а затем повторное снижение дыхания листьев опытных растений. Характер изменений дыхания листьев после обработки растений растворами солей  $Na^+$ ,  $Cu^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  относительно контроля выглядит следующим образом: увеличение - на 3-и сутки, снижение – на 6–9-е сутки, постепенное увеличение – 12–15-е сутки эксперимента. Во второй половине эксперимента отмечалось снижение дыхания листьев опытных растений. При действии  $K^+$ ,  $Mn^{2+}$  и  $Zn^{2+}$  на 3-и сутки эксперимента отмечается повышение, на 6-е и 9-е - снижение дыхания листь-



**Рис. 1.** Соотношение (%) длины жилок листьев опытных и контрольных растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на 30-е сутки эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей металлов повышенной концентрации.



**Рис. 2.** Соотношение (%) количества устьиц на листьях опытных и контрольных растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на 30-е сутки эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей металлов повышенной концентрации.



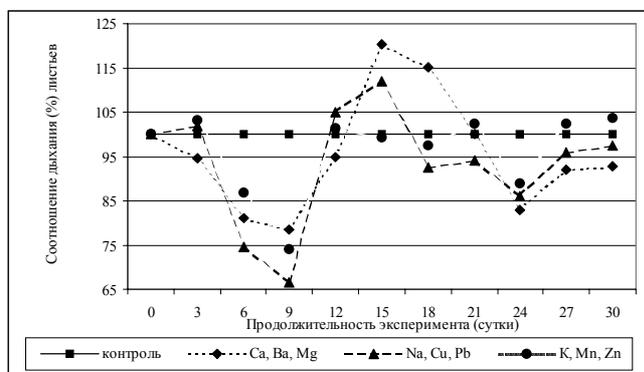
**Рис. 3.** Изменения соотношения слоев листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на 30-е сутки эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей металлов повышенной концентрации.

ев опытных растений относительно контроля. В дальнейшем этот показатель постепенно нормализуется. Таким образом, к концу эксперимента, т.е. на 30-е сутки эксперимента, уровень дыхания листьев опытных растений относительно контрольных в целом нормализовался.

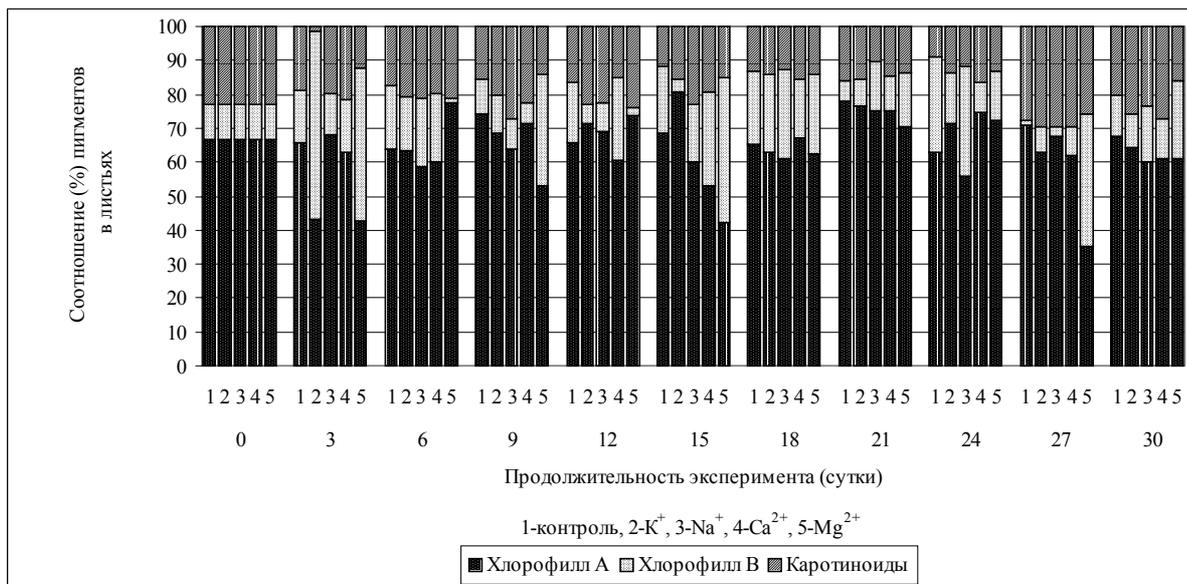
При изучении действия металлов на содержание пигментов в листьях тополя бальзамического установлено, что сумма хлорофиллов и каротиноидов к концу эксперимента в опытных образцах меньше (в случае с  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Pb^{2+}$ ), больше ( $Ba^{2+}$  и  $Zn^{2+}$ ) и не изменяется ( $Na^+$ ,  $Mn^{2+}$  и  $Cu^{2+}$ ) по сравнению с контрольными. На

рис. 5-7 отражены изменения соотношения пигментов в листьях опытных растений тополя бальзамического относительно контрольных образцов по ходу эксперимента. Показано, что характер изменений соотношения пигментов различается при действии на растения ионов металлов. Основным из фотосинтетических пигментов растений является хлорофилл *A*, таким образом при изменении его содержания в листьях происходит соответственно увеличение доли вспомогательных пигментов - хлорофилла *B* или каротиноидов, что может расцениваться как адаптивная реакция ассимиляционного аппарата растений тополя бальзамического на избыток ионов металлов в растительном субстрате.

Установлено, что характер изменений соотношения различных пигментов в листьях опытных растений в результате действия ионов  $K^+$  выглядит следующим образом: снижается доля хлорофилла *A* и каротиноидов и резко увеличивается доля хлорофилла *B*, затем отмечается значительное снижение доли хлорофилла *B* при увеличивающемся количестве каротиноидов, к концу эксперимента соотношение пигментов несколько отличается от контрольного – возрастает доля каротиноидов при снижении доли хлорофиллов в листьях. Ионы  $Na^+$  и  $Ca^{2+}$  в целом обуславливают сходный характер изменений соотношения отдельных пигментов за ис-



**Рис. 4.** Соотношение (%) дыхания листьев опытных и контрольных растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в течение эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей различных металлов.

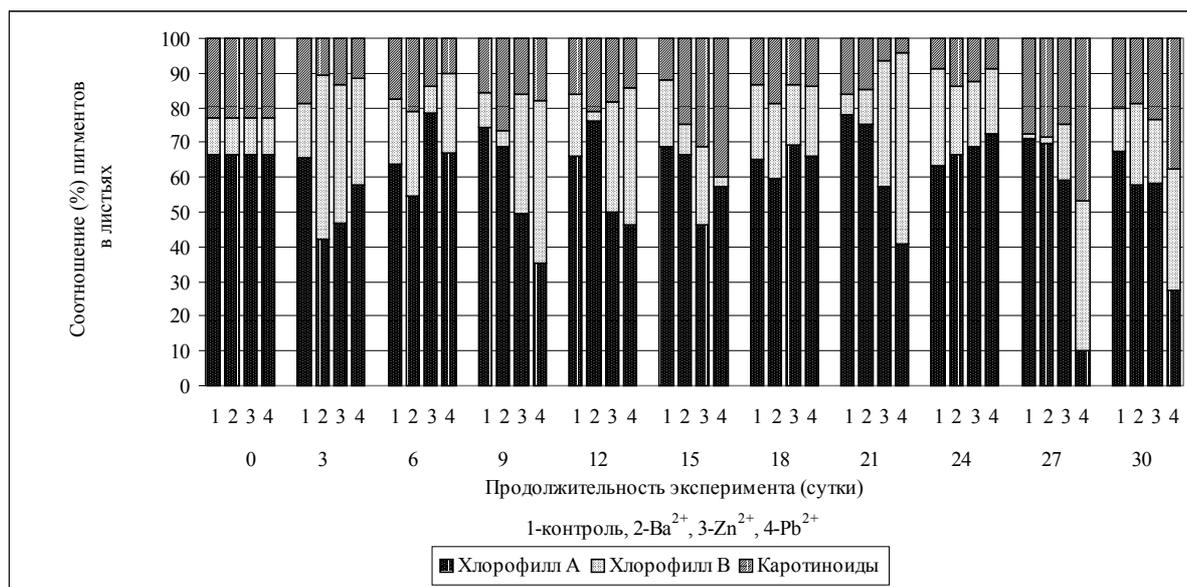


**Рис. 5.** Соотношение (%) пигментов в листьях опытных и контрольных растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в течение эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> повышенной концентрации.

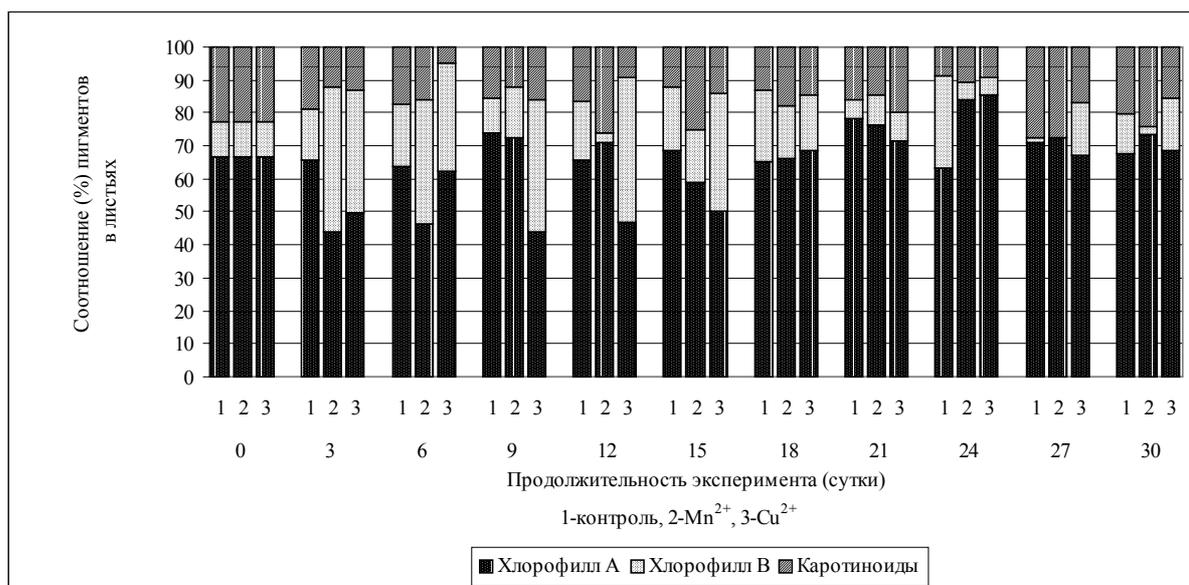
ключением 12 и 24-х суток эксперимента, когда доля хлорофилла **B** значительно возрастает по отношению к хлорофиллу **A** и каротиноидам при действии Ca<sup>2+</sup>. Действие ионов Mg<sup>2+</sup> характеризуется довольно резкими изменениями соотношения отдельных пигментов в листьях тополя бальзамического на протяжении всего эксперимента. Следует отметить, что к концу эксперимента доля хлорофилла **A** в листьях опытных растений по сравнению с контролем снижается.

В ходе проведения исследований установ-

лено, что при действии Ba<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> и Pb<sup>2+</sup> происходят скачкообразные изменения содержания пигментов в листьях тополя бальзамического. Так, показано, что большую часть эксперимента количество хлорофилла **A** в листьях опытных растений было меньше относительно контрольных образцов. В связи с изменением доли хлорофилла **A** в листьях доля других пигментов (хлорофилла **B** и каротиноидов) также изменяется. К концу эксперимента отмечается снижение доли хлорофилла **A** при увеличении долей



**Рис. 6.** Соотношение (%) пигментов в листьях опытных и контрольных растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в течение эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей Ba<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> и Pb<sup>2+</sup> повышенной концентрации.



**Рис. 7.** Соотношение (%) пигментов в листьях опытных и контрольных растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в течение эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей  $Mn^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  повышенной концентрации.

хлорофилла **B** и каротиноидов в листьях опытных растений тополя бальзамического относительно контрольных образцов. Показано, что ионы  $Mn^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  оказывают угнетающее действие на пигментный комплекс листьев тополя бальзамического в первой половине эксперимента, что выражается в понижении относительно количества хлорофилла **A** и увеличении доли второстепенных пигментов. Характер действия  $Mn^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  на соотношение пигментов в листьях во второй половине эксперимента отличается от других металлов тем, что доля хлорофилла **A** по сравнению с другими пигментами увеличивается относительно контроля. При этом доля хлорофилла **B** и каротиноидов снижается при действии  $Cu^{2+}$  и  $Mn^{2+}$  соответственно.

Таким образом, показано, что металлы оказывают различное действие на соотношение пигментов в листьях тополя бальзамического. Исследования этих параметров предоставляют возможности оценить токсичность ионов металлов для растений и охарактеризовать физиологическое состояние растения в условиях солевого стресса.

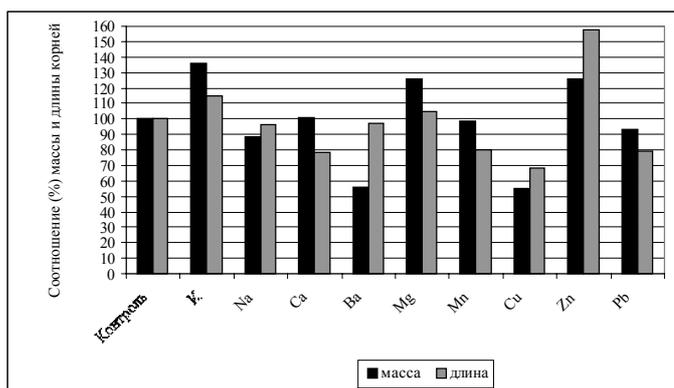
Соотношение длины корней первого порядка и общей массы корневой системы (рис. 8) свидетельствует, во-первых, о доле корней первого порядка в общей массе корневой системы, во-вторых, об общем развитии корневой системы растения. Принимая за эталон соотношение данных показателей в контрольных образцах (100%

длина корней первого порядка и общая масса корневой системы, при их соотношении 1:1) отмечаются изменения этих показателей при действии ионов металлов на растения. Так, ионы  $Zn^{2+}$ ,  $K^+$  и  $Mg^{2+}$  способствуют увеличению как длины, так и массы корней относительно контроля. Остальные ионы действуют на развитие корневых систем угнетающе, так что и длина корней первого порядка, и общая масса корневых систем уменьшается. Следует отметить, что отношение длина/масса больше единицы при действии  $Na^+$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и меньше единицы -  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  и  $Pb^{2+}$ .

## Выводы

1. В результате исследований состояния насаждений тополя бальзамического в пределах Уфимского и Стерлитамакского промышленного центров установлено, что древостои характеризуются как "сильно ослабленные". Во многом это обусловлено тем, что на протяжении многих лет деревья подвергались действию промышленных выбросов, фитопатогенов и неблагоприятных природно-климатических условий (морозы, засухи, ветры и т.д.). Следует также отметить, что все изученные насаждения являются лесными культурами 1950-60-х годов посадки и на сегодня день вступают в критический возраст.

2. При проведении вегетационных экспериментов обработка уже сформировавшихся



**Рис. 8.** Соотношение (%) массы корневой системы и длины корней первого порядка опытных и контрольных растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) эксперимента, выращенных в условиях песчаной культуры после однократной обработки растений растворами солей металлов повышенной концентрации.

растений тополя бальзамического растворами солей металлов часто приводит к необратимым изменениям морфометрических и физиологических параметров, таких как длина жилок листьев, количество устьиц, толщина слоев листьев, количество и длина корней первого порядка, общая масса корневой системы, а также содержание пигментов в листьях.

3. Оценивая фитотоксичность металлов по отношению к тополи бальзамическому (*Populus balsamifera* L.) можно выделить следующие группы:

- 1) металлы, проявляющие высокую фитотоксичность - Ca, Cu, Pb;
- 2) металлы, проявляющие среднюю фитотоксичность – Na, Ba, Mg, Mn, Zn;
- 3) металлы, проявляющие низкую фитотоксичность – K.

4. Действие металлов на растения тополя бальзамического проявляется в морфофизиологических изменениях, которые имеют адаптивный характер и являются необходимыми для выживания растений в условиях повышенного содержания металлов в растительном субстрате.

5. В результате проведения вегетационных опытов показано, что действие металлов на растения проявляется в появлении видимых повреждений листьев – хлорозов, некрозов, усыхания, скручивании и угнетении корневой системы. Однако эти повреждения не могут быть использованы в качестве биоиндикационных показателей действия металлов на растения тополя бальзамического, так как проявляются при

различных типах загрязнения.

6. Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) проявляет достаточно высокую толерантность к загрязнителям, несмотря на то, что металлы в значительной степени изменяют нормальные физиологические и морфометрические параметры растений. Это обстоятельство свидетельствует о правомерности широкого использования тополя бальзамического в санитарно-защитных насаждениях индустриальных центров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990.
2. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. Минск: Наука и техника, 1979.
3. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений. М.: Изд-во Московского университета, 1964.
4. Биоиндикация: теория, методы, приложения/ Под ред. Г.С. Розенберга. Тольятти: Изд-во ИЭВБ РАН, 1994.
5. Влияние загрязнений воздуха на растительность. Причины. Воздействие. Ответные меры. / Под ред. Х.-Г. Дасслера. М.: Лесная промышленность, 1981.
6. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979.
7. Загрязнение воздуха и жизнь растений./ Под ред. М.Трешоу. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
8. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. Киев: Наукова думка, 1971.
9. Князева Е.И. Газоустойчивость растений в связи с их систематическим положением и морфо-анатомическими и биологическими особенностями // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые сортаменты. Горький–М.: ГГУ, 1950.
10. Концепция охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов республики Башкортостан. Уфа: ГК ПОП, УНЦ РАН, 1993.
11. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. Авто-

- реф. дисс. ... доктора биол. наук. Киев, 1994.
12. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. Киев: Наукова думка, 1996.
  13. Красинский Н.П. Озеленение промплощадок дымоустойчивым ассортиментом. М.: Наука, 1950.
  14. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. М.: Наука, 1985.
  15. Мамаев С.А. Устойчивость декоративных растений и системы озеленения территории медеплавильных заводов Урала // Растительность и промышленное загрязнение. Свердловск, 1969.
  16. Николаевский В.С. Генетические и физиолого-биохимические аспекты устойчивости растений в техногенной среде // Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития. Киев: Наукова думка, 1990.
  17. Николаевский В.С. Некоторые анатомо-морфологические особенности древесных растений в связи с их газоустойчивостью в условиях медеплавильной промышленности Среднего Урала: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1964.
  18. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970.
  19. Рахманкулова З.Ф., Рамазанова Г.А., Усманов И.Ю. Рост и дыхание растений разных адаптивных групп при дефиците элементов минерального питания // Физиология растений, 2001. Т.48. № 1.
  20. Сергейчик С.А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде. Минск: Наука и техника, 1994.
  21. Ситникова А.С. Влияние промышленных загрязнений на устойчивость растений. Алма-Ата, 1990.
  22. Тарабрин В.П. Адаптация растений в условиях индустриальной среды // Всес. совещ. по вопросам адаптации древесных растений к экстремальным условиям среды. Петрозаводск: Изд-во КФ АН СССР, 1981.
  23. Усманов И.Ю., Мартынова А.В., Янтурин С.И. Адаптивные стратегии трав на солончаках Южного Урала. Реакция на абиотический стресс // Экология. 1989. № 4.
  24. Applied Science Association. The United States Environment Protection Agency. Diagnosis Vegetation Injury Caused by Air Pollution, 1976.
  25. Dassler H.G. Reakfiolen von Geholzen auf Immissionen und Schlussfolgerungen für den Anbau Begründung in Industriegebieten // Ref.d.7 Dendrol. Kongr. soz. Lander. 29 Juni bis 3 Juli 1979 in Dresden. KB d. DDR, Graph. Werkst. Zittau., 1981.
  26. Hoffman G., Gronlberg H. Filter-Waldsterben-eine waldbauliche Moglichkeit zur Minderung der Fremdstoffeintrage in Bestände und Waldgebiete // Forstwirtschaft., 1990. Bd.40. № 4.
  27. Scheiber E. Waldsterben – Konsequenzen für die Wirtschafts-, Agrar- und Umweltpolitik // Oster. Ing. und Archit. Z., 1990. Bd.135. №3.
  28. Smith W.H. Air Pollution and Forests. Inveration between Air Contaminants and Forest Ecosystems. N.Y. e. a.: Springer, 1981.

**FEATURES OF DEVELOPMENT OF A BALSAM POPLAR  
(POPULUS BALSAMIFERA L.) IN CONDITIONS OF POLLUTION  
OF AN ENVIRONMENT BY METALS**

© 2003 A.A. Kulagin

Institute of Biology of Ufa Science Center of Russian Academy of Sciences

In this work is submitted a comparative estimation of a relative vital condition of balsam poplar spreadings of a sanitary-protective and green zone of Ufa and Sterlitamak as most polluted cities of Republic Bashkortostan, the changes of breath, growth, morphological features, contents of pigments and damages of leaves are revealed, and also formation and development of root system of a poplar on a background of the increased contents of metals in vegetative substratum, is investigated comparative phytotoxicity of some metals on changes most important morphophysiological parameters of plants, phytotoxicity line of some metals in relation to a poplar are made.