

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ ТАНИНОВ И АКТИВНОСТЬ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ СРЕДЫ

А.М. Кузьмина¹, И.Л. Бухарина², П.А. Кузьмин³, А.С. Фахрутдинова³

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Ижевск, Россия, *AMSharifullina@yandex.ru*

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет», Ижевск, Россия, *buharin@udmlink.ru*

³Елабужский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Елабуга, Россия, *petrkuzmin84@yandex.ru*

Аннотация. У тополя бальзамического в техногенной среде отмечено повышение активности полифенолоксидазы в листьях, особенно в примагистральных насаждениях, что является следствием интенсивной техногенной нагрузки. В условиях техногенного стресса повышается содержание танинов в листьях, наиболее значимо к концу периода активной вегетации растений (августе).

Ключевые слова: активность полифенолоксидазы, танины, городские насаждения, *Populus balsamifera*

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-1070-1073

Актуальным является изучение комплексного воздействия антропогенных негативных факторов на растения, т.к. растительные организмы являются важнейшим средообразующим компонентом антропогенной среды, которые испытывают воздействие различных стрессов. Антиоксидантная система защиты растений выступает в роли важнейшего механизма устойчивости в условиях действия различного рода антропогенного стресса. Стрессовые факторы приводят к изменению функциональной активности антиоксидантных систем. В работах ученых из различных стран отмечается важная роль танинов и различных ферментов, в том числе и полифенолоксидазы, в защите растений от различных стрессов антропогенного происхождения [Bukharina et al., 2014; Ahmed, Anis, 2014; Li et al., 2014; Garcia et al., 2016].

Многие исследования указывают на взаимосвязь адаптивных возможностей растительного организма и содержание танинов, а также активность полифенолоксидазы [Гетко, 1989; Запрометов, 1996; Бухарина и др., 2014; Воскресенский, Воскресенская, 2011; Фуксман и др., 2005].

Целью нашей работы являлось изучение активности полифенолоксидазы и содержания конденсированных танинов в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), произрастающего в насаждениях различных экологических категорий в крупном промышленном центре Среднего Поволжья – г. Набережные Челны.

Объект исследования тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.). Изучаемый вид произрастал в городе в составе насаждений различных экологических категорий г. Набережные Челны: магистральные посадки и санитарно-защитные зоны (СЗЗ) промышленных предприятий ОАО «КамАЗ». В качестве зон условного контроля (ЗУК) выбраны территории Челнинского участкового лесничества. Пробные площади (ПП) размером не менее 0.25 га закладывали регулярным способом (по 5 ПП в каждом насаждении). Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха в местах

произрастания древесных растений проведена нами на основе материалов «Доклада об экологическом состоянии Республики Татарстан» за 2013-2016 гг. Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА=15.3) характеризует состояние загрязнения атмосферного воздуха в городе, как очень высокое [Государственный..., 2016].

В пределах пробных площадей для изучения физиолого-биохимических показателей тополя бальзамического были проведены отбор, нумерация и оценка жизненного состояния не менее 10 особей каждого вида. Учетные особи имели хорошее жизненное состояние и средневозрастное генеративное онтогенетическое состояние (g_2). В период активной вегетации, т.е. в июне, июле и августе у учетных особей проводили отбор проб листьев срединной формации на годичном вегетативном побеге (с нижней трети участка кроны южной экспозиции). Листья срединной формации – типичные для растения листья, развивающиеся в средней зоне побега и выполняющие функцию фотосинтеза [Коровкин, 2007]. В магистральных насаждениях часть кроны южной экспозиции была обращена непосредственно к проезжей части проспекта. Отбор листьев проводили однократно и в один день во всех типах насаждений.

Активность полифенолоксидазы определяли спектрофотометрическим методом, основанном на измерении оптической плотности продуктов реакции, которые образуются при окислении пирокатехина за определенный промежуток времени [Ермаков и др., 1987]. Содержание конденсированных танинов в листьях древесных растений определяли трижды в течение вегетации (июнь, июль, август), используя перманганатометрический метод (метод Левенталья в модификации Курсанова). Определяли активность полифенолоксидазы и содержание конденсированных танинов в листьях растений в течение 2017 г.

Обработку материалов провели с применением статистического пакета «Statistica 5.5». Для интерпретации полученных материалов использовали методы описательной статистики и дисперсионный многофакторный анализ (при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-test).

Дисперсионный многофакторный анализ результатов исследований в выявил достоверность влияния видовых особенностей (уровень значимости $P < 10^{-5}$), комплекса условий места произрастания ($P < 10^{-5}$), сроков вегетации ($P < 10^{-5}$), а также взаимодействия этих факторов ($P = 5.3 \cdot 10^{-5}$) на активность полифенолоксидазы в листьях тополя бальзамического (таблица).

Таблица.

Активность полифенолоксидазы и содержание конденсированных танинов в листьях тополя бальзамического (г. Набережные Челны)

| Функциональная зона | Активность полифенолоксидазы, ед. акт. | | | Конденсированные танины, мг/г сух. вещества | | |
|-------------------------|----------------------------------------|------|--------|---------------------------------------------|------|--------|
| | июнь | июль | август | июнь | июль | август |
| контроль | 1.97 | 4.09 | 4.88 | 3.55 | 4.80 | 6.58 |
| Санитарно-защитная зона | 2.08 | 4.82 | 5.93 | 3.50 | 5.38 | 6.86 |
| Магистральные посадки | 2.82 | 5.80 | 7.29 | 3.63 | 5.66 | 7.06 |
| НСР ₀₅ | 0.08 | | | 0.04 | | |

У исследуемого вида как в ЗУК, так и в городских посадках наблюдалась следующая динамика активности фермента: возрастание активности от июня к августу.

Тополь бальзамический, произрастающий на территории с техногенной нагрузкой, проявлял общую тенденцию в увеличении активности полифенолоксидазы

за весь период активной вегетации, с июня по август. У него было зафиксировано возрастание активности фермента в санитарно-защитной зоне и примагистральных насаждениях в июне 0.11 – 0.85; в июле 0.73 – 1.71; в августе 1.05 – 2.41 ед. акт., по сравнению с активностью полифенолоксидазы в зоне условного контроля.

У тополя бальзамического в магистральных посадках и насаждениях санитарно-защитных зон показатель активности полифенолоксидазы превышал ЗУК: в июне 0.11-0.85 ед. акт.; в июле –0.73-1.71; в августе – 1.05-2.41 ед. акт.

Динамика активности фермента в течение исследуемого вегетационного сезона показала, что у тополя бальзамического она достоверно увеличивалась: в июне меньше, чем в июле, в июле меньше, чем в августе.

В насаждениях СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках динамика активности фермента не меняется, по сравнению с контрольными посадками.

Следует отметить, что у тополя бальзамического наиболее высокие показатели активности фермента в июле и августе в посадках с интенсивной техногенной нагрузкой.

На наш взгляд повышение активности полифенолоксидазы, по-видимому, является своеобразной реакцией клеток на возрастание потребности в дыхании, вызванной высоким содержанием пылевых частиц и других поллютантов, препятствующих нормальному газообмену листьев растений.

Дисперсионный многофакторный анализ результатов исследований выявил достоверность влияния видовых особенностей (уровень значимости $P < 10^{-5}$), комплекса условий места произрастания ($P = 8.37 \cdot 10^{-5}$), сроков вегетации ($P = 1.16 \cdot 10^{-3}$), а также взаимодействия этих факторов ($P < 10^{-5}$) на содержание танинов в листьях тополя бальзамического (таблица).

Результаты исследований показали, что у тополя бальзамического и во всех типах насаждений содержание танинов в листьях возрастает в ходе вегетации, достигая наибольших значений в августе. Наибольшими значениями показателя танинов характеризовались особи, произрастающие в магистральных посадках (7,06 мг/г сух. вещества).

Видоспецифичность реакции растения на условия произрастания наблюдалась в насаждениях промзон в июне: содержание танинов в листьях растений было ниже показателя ЗУК, а затем в августе, наоборот, было выше по сравнению с ЗУК. В магистральных посадках динамика показателя была иной за весь период исследования содержание танинов выше, чем в ЗУК.

Таким образом, можно заключить, что реакции тополя бальзамического на условия произрастания зависят от степени техногенной нагрузки и от складывающихся метеорологических условий в период вегетации растений.

Исследования проводятся при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых кандидатов наук № 1955.2017.11.

Литература

Бухарина И.Л., Кузьмин П.А., Шарифуллина А.М. Содержание низкомолекулярных органических соединений в листьях деревьев при техногенных нагрузках // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 20–26.

Воскресенский В.С., Воскресенская О.Л. Изменение активности окислительно-восстановительных ферментов у древесных растений в условиях городской среды // Вестник МарГТУ. – 2011. – № 1. – С. 75 – 82.

Гетко Н.В. Растения в техногенной среде: Структура и функции ассимиляционного аппарата. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.

Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2015 году». – Казань, 2016. – 467 с.

Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987. – С. 43–45.

Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растения // XVI Тимирязевское чтение. – М.: Наука, 1996. – 45 с.

Коровкин О.А. Анатомия и морфология высших растений. Словарь терминов. – М.: Дрофа, 2007. – 272 с.

Фуксман И.Л., Новицкая Л.Л., Исидоров В.А. и др. Фенольные соединения хвойных деревьев в условиях стресса // Лесоведение. – 2005. – № 3. – С. 4–10.

Ahmed M.R., Anis M. Changes in activity of antioxidant enzymes and photosynthetic machinery during acclimatization of micropropagated *Cassia alata* L. plantlets // In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant. – 2014. – V. 50. – P. 601–609.

Bukharina I.L., Zhuravleva A.N., Dvoeglazova A.A., Kamasheva A.A., Sharifullina A.M. and Kuzmin P.A. Physiological and biochemical characteristic features of small-leaved lime (*Tilia Cordata* Mill.) in urban environment // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2014. – V. 5, No. 5. – P. 1544–1548.

Garcia D.E., Glasser W.G., Pizzi A., Paczkowski S.P., Laborie M.P. Modification of condensed tannins: from polyphenol chemistry to materials engineering // New Journal of Chemistry. – 2016. – V.1. – P. 234–242.

Li X., Yang Y.Q., Sun X.D., Lin H.M., Chen J.H., Ren J., Hu X.Y., Yang Y.P. Comparative physiological and proteomic analyses of poplar (*Populus yunnanensis*) plantlets exposed to high temperature and drought // Plos one. – 2014. – V. 9. – P. 100–108.

ANALYSIS OF DYNAMICS OF TANIN CONTENT AND ACTIVITY OF POLYPHENOLOXIDASE IN LEAVES OF BALSAMIC TOPOL IN THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC ENVIRONMENT

A.M. Kuzmina¹, I.L. Bukharina², P.A. Kuzmin³, A.S. Fakhrutdinova³

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia, AMSharifullina@yandex.ru

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Udmurt State University», Izhevsk, Russia, buharin@udmlink.ru

³Elabuga Institute (branch) of Kazan (Volga Region) Federal University, Elabuga, Russia, petrkuzmin84@yandex.ru

Abstract. In the poplar balsamic in the man-made environment, an increase in the activity of polyphenol oxidase in leaves, especially in the primary plantations, is noted, which is a consequence of intensive technogenic load. Under conditions of technogenic stress, the content of tannins in leaves is increased, most significantly by the end of the active plant vegetation period (August).

Keywords: polyphenol oxidase activity, tannins, urban plantations, *Populus balsamifera*