

ВПЛИВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ВМІСТ ФОТОСИНТЕЗУЮЧИХ ПІГМЕНТІВ В ЛИСТКАХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

Більчук Валентина, Хмельникова Людмила, Слесарчук Владлена
Дніпровський державний медичний університет

Основними джерелами техногенного забруднення у великих містах України є промислові і автотранспортні викиди, технічна сіль натрію хлориду, яка неконтрольовано використовується в боротьбі з ожеледицею [1]. В Україні автотранспорт дає приблизно 30-40% всього забруднення атмосфери. В крупних містах забруднення повітря вихлопними газами іноді досягає 70-90% загального рівня забруднення. Тому проблема нейтралізації шкідливих речовин за допомогою рослин актуальна і потребує визначення функціональних реакцій деревних видів за різного ступеня забруднення атмосфери.

Зниження вмісту хлорофілу використовують як індикаторну реакцію пошкодження, що відбувається за дії забруднюючих речовин [1,2]. Натомість рядом науковців показано неоднозначність реакції - відповіді пігментного апарату різних видів деревних рослин на вплив стресових факторів фітотоксикантів [3].

Отже, метою роботи було дослідження впливу викидів автотранспорту різної інтенсивності на вміст та мінливість хлорофілів і каротиноїдів у листках дерев дуба звичайного та клену ясенелистого

З метою з'ясування наслідків впливу викидів автотранспорту різної інтенсивності на функціональний стан дерев дуба звичайного різної життєвості визначали зміни вмісту та співвідношення фотосинтетичних пігментів [4,5].

Для оцінки значущості відмінностей між середніми груповими значеннями використовували критерій достовірної різниці групових середніх Тьюкі.

Результати залежності вмісту пігментів листової пластинки дуба звичайного та клену ясенелистого від життєвого стану дерев і рівня

атмосферного забруднення емісіями автотранспорту виявили значимі відмінності за $P < 0,005$ і представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Зміни вмісту пігментів у листках дерев дуба звичайного/клену ясенелистого залежно від життєвого стану рослин та рівня забруднення повітря викидами автотранспорту

Пігменти	Класи життєвості			Рівні забруднення		
	I	II	III	Фоновий	середній	високий
1	2	3	4	5	6	7
хлорофіл <i>a</i>	3,95 ^a ± 0,06/3,15 ^a ± 0,06	2,86 ^{ab} ± 0,10/2,46 ^a ^b ± 0,10	2,20 ^{ac} ± 0,11/2,12 ^{ac} ± 0,08	2,77 ^d ± 0,08/2,37 ^d ± 0,08	3,51 ^{de} ± 0,09/2,21 ^d ^e ± 0,09	2,72 ^f ± 0,08/2,10 ^f ± 0,08
хлорофіл <i>b</i>	2,09 ^a ± 0,06/1,79 ^a ± 0,06	1,50 ^{ab} ± 0,09/1,52 ^a ^b ± 0,09	1,65 ^{ac} ± 0,10/1,43 ^{ac} ± 0,10	1,69 ^d ± 0,07/1,79 ^d ± 0,07	1,94 ^e ± 0,08/1,78 ^e ± 0,08	1,60 ^{ef} ± 0,09/1,43 ^e ^f ± 0,0
сума хлорофілів <i>a + b</i>	6,06 ^a ± 0,12/4,94 ^a ± 0,12	4,33 ^{ab} ± 0,19/3,98 ^a ^b ± 0,19	4,00 ^{ac} ± 0,21/3,55 ^{ac} ± 0,12	4,48 ^d ± 0,15/4,16 ^d ± 0,15	5,51 ^{de} ± 0,18/3,99 ^d ^e ± 0,18	4,39 ^{ef} ± 0,16/3,53 ^e ^f ± 0,16
хлорофіл <i>a</i> /хлорофіл <i>b</i>	1,88 ^a ± 0,04/1,76 ^a ± 0,04	1,90 ^{bc} ± 0,06/1,62 ^b ^c ± 0,06	1,33 ^{ac} ± 0,06/1,48 ^{ac} ± 0,06	1,68 ^d ± 0,05/1,32 ^d ± 0,05	1,84 ^e ± 0,06/1,38 ^e ± 0,06	1,72 ^f ± 0,05/1,46 ^f ± 0,05
Каротиноїд и	1,17 ^a ± 0,01/1,07 ^a ± 0,01	0,94 ^{ab} ± 0,02/0,88 ^a ^b ± 0,02	0,94 ^{ac} ± 0,02/0,81 ^{ac} ± 0,02	0,96 ^d ± 0,02/0,91 ^d ± 0,01	1,05 ^{de} ± 0,02/0,86 ^d ^e ± 0,02	1,03 ^{df} ± 0,02/0,87 ^{df} ± 0,02

Примітка: * - однакові латинські букви біля середніх означають статистично незначущі розбіжності середніх у ряді за критерієм Тьюкі (HSD).

Встановлено, що в умовах паркової зони листки дуба звичайного I класу життєвості містили хлорофілів *a* і *b* та їх суми достовірно в більших кількостях порівняно з II і III класами: хлорофілу *a* на 27,6% і 44,3%, хлорофілу *b* на 28,2% і 21,1%, їх суми на 28,6% і 34,0% відповідно. Значення співвідношення форм хлорофіл *a/b* знаходилось практично на одному рівні в листках дуба I і II класів

життєвості, а в листках дубів III класу цей показник нижче за контроль на 29,3%. Каротиноїди показали найбільший рівень накопичення у здорових рослин дуба (I клас) порівняно з пошкодженими на 19,7%. Співвідношення суми хлорофілів ($a + b$) / каротиноїди становило 5,2; 4,6 і 4,2 відповідно до I, II і III класів життєвості рослин дуба.

В умовах паркової зони листки клену ясенелистого I класу життєвості містили зелених пігментів достовірно в більших кількостях порівняно з II і III класами. При цьому вміст хлорофілу a здорових рослин перевищував цей показник для ослаблених рослин різних класів життєвості на 22,2% і 33,3%. Аналогічну закономірність спостерігали для накопичення хлорофілу b , вміст якого був вищим на 10,2% і 20,1% . Сумарний вміст компонентів $a + b$ здорових рослин перевищував цей показник на 20,6% і 29,0% відповідно для II і III класів . Значення співвідношення форм хлорофілу a/ b було вище на 8% в листках клену I класу в порівнянні з II класом життєвості. В листках клену III класу цей показник нижче за контроль на 16,3%. Найбільший рівень накопичення каротиноїдів зафіксовано у здорових рослин клену (I клас) порівняно з пошкодженими на 21,5% (II клас) і 24,3% (III клас) Співвідношення суми хлорофілів ($a + b$) до вмісту каротиноїдів становило 4,6; 4,7 і 4,4 відповідно до I, II і III класів життєвості рослин клену

Атмосферні забруднювачі, до складу яких входить значна кількість важких металів (Pb, Cd, Ni та Zn), призводять до загальних фізіологічних і біохімічних змін у рослинах, які ведуть до цілого ряду ефектів таких як зміни азотного й білкового метаболізму, інгібування фотосинтезу, порушення руху фітоасимілятів та ін., що підсилює гальмування росту і розвитку рослин [6]

Як критерій оцінки впливу несприятливих умов середовища на деревні рослини використовується вміст пігментів та їх співвідношення [2,7-10]. У цілому вміст хлорофілу a у дуба та клену звичайного вищий за вміст хлорофілу b і складає 52,4% - 75% від загального вмісту зелених пігментів у всіх проаналізованих листках. Дані проведених досліджень стану пігментного апарату листків дерев дуба і клену показали, що вміст хлорофілів a і b

інтенсивніше знижується у дерев ослаблених і сильно пошкоджених порівняно зі здоровими, і у більшій мірі в умовах високого рівня атмосферного забруднення транспортними викидами. Ряд досліджень продемонстрували, що за дії емісій автотранспорту вміст хлорофілів листків деревних порід часто знижується через поглинання асиміляційними органами рослин важких металів, особливо свинцю, який викликає зміну морфоструктурних і фізіологічних параметрів [1, 2].

Слід відзначити, що залежно від життєвого стану рослин дуба, вміст хлорофілу *a* знижується більш суттєво, ніж хлорофілу *b*. Якщо у сильно пошкоджених дерев дуба вміст хлорофілу *a* знижується на 44,3% порівняно з деревами відносно здоровими, то зниження вмісту хлорофілу *b* відбувається на 21,1%. У дослідженнях авторів [3] показано, що частка хлорофілу *a* в листках клена гостролистого з групи сильно пошкоджених до його вмісту в листках непошкоджених складала 37,4%, а у клена явора – 50,3%. Для хлорофілу *b* таке співвідношення складало відповідно 39,3% і 50,5% (для каротиноїдів - 52,3% та 67,2%). Таким чином, на відміну від кленів у листках сильно пошкоджених дерев дуба звичайного більш суттєво знижується вміст хлорофілу *a*.

В умовах середнього рівня забруднення відзначається підвищення вмісту хлорофілу *b* на 14,8% порівняно з парковою зоною, а в умовах високого рівня – зменшення на 5,3%. На відсутність чіткої спрямованості у змінах вмісту хлорофілу *b* за дії викидів автотранспорту у листках *Rhus thyphyna* вказано в роботі [2], де відзначається, що на близькій відстані від автошляху значення цього параметру зростали, а на більш віддаленій відстані (25м) спостерігалось зменшення цього параметра, або близькі до контрольних показників (40м).

Вміст суми хлорофілів у листках дуба звичайного та клену ясенolistого знаходився у межах від 3,53мг/г - 6,06 мг/г сирової ваги. За літературними даними вміст цього пігмента у різних видів дерев коливався в межах 0,3 - 5,0 мг/г сирової ваги [10]. У більшості дерев дуба та клену вміст суми хлорофілів був в основному в межах діапазону, за винятком дерев паркової зони I класу життєвості. Значення суми хлорофілів ($a+b$) достовірно знижувались у дерев II

та III класу життєвості порівняно зі здоровими рослинами відповідно на 28,6% та 34,0%. У той час як за дії емісій автотранспорту більш низькі значення параметру були властиві деревам I та III класу життєвості. Підвищення суми хлорофілів у дерев II класу життєвості в умовах середнього рівня забруднення атмосфери викидами автотранспорту відбулось за рахунок більш високого вмісту хлорофілу *b*.

Як фітоіндикаційний показник використовується співвідношення хлорофілів *a/b*, яке в умовах впливу вихлопних газів автотранспорту у чутливих хвойних порід, у тополі Болле і клена гостролистого зменшувалось, тоді як у стійкого клена явора цей показник мало змінювався [3]. За цим показником дуб звичайний та клен ясенolistий можна віднести до відносно стійких деревних порід, оскільки за нашими даними відношення хлорофілів *a/b* за дії аерогенних забруднювачів практично не відрізнялось від значень контрольних зразків. У той же час у сильно пошкоджених дерев спостерігалось суттєве зниження відношення хлорофілів *a/b* (на 29,3%). Таким чином, поряд із зменшенням сумарної кількості зелених пігментів у листках дуба звичайного, відношення хлорофілів *a/b* зберігається практично незмінним навіть у присутності високого рівня забруднення атмосфери емісіями автомобільного транспорту.

Відомо, що хлорофіл *a* входить до складу реакційних центрів і периферійних антенних комплексів ФС I та ФС II, у той час як хлорофіл *b* переважно є компонентом світлозбираючого комплексу ФС II і постійність відношення вмісту хлорофілів вказує на незмінність стехіометричного співвідношення між комплексами реакційних центрів фотосистем і світлозбираючого комплексу ФС II [7].

У межах однієї моніторингової ділянки залежно від життєвого стану рослин дуба при аналізі виявлено зниження вмісту каротиноїдів у ослаблених і сильно пошкоджених рослин. За дії забруднення атмосфери встановлено підвищення цього показника, що узгоджується з літературними даними [7-12]. Більш висока надійність каротиноїдів порівняно з хлорофілом *a* пов'язана зі захисною функцією каротиноїдів у клітині, яка виявляється в інактивації

активних форм кисню і в тепловому розсіюванні світлової енергії [11]. Як показник адаптивності рослин до несприятливих умов середовища використовується співвідношення суми хлорофілів до каротиноїдів ($a+b/\text{каротиноїди}$), яке швидко реагує на зміни довкілля. В роботах [12-14] показано коливання цього співвідношення від 2 до 6 на територіях з найвищим антропогенним навантаженням, у той час як у контролі це співвідношення становило 8. Нами встановлено, що значення цього параметру варіювалося в межах 4,3-4,7 залежно від класу життєвості дерев дуба, а за впливу транспортних емісій цей діапазон складав 4,3-5,2. Такі результати можуть свідчити про стресовий стан рослин дуба, причому як у парковій зоні, так і на забруднених транспортними емісіями територіях міста.

Наші дослідження показали пластичність фотосинтетичного апарату дуба звичайного, особливо у здорових і ослаблених дерев (I та II класи життєвості), у яких відмічається найбільш висока варіабельність вмісту пігментів. У той час як у сильно пошкоджених рослин спостерігається низька мінливість вмісту хлорофілів. Ця закономірність збігається з класичними уявленнями про екологічну перевагу варіабельних відповідей для більш стійких у несприятливих умовах довкілля організмів.

У вуличних насадженнях транспортні емісії впливають на функціональний стан деревних рослин, що підтверджується змінами в складі пігментного апарату листків. У здорових рослин дуба звичайного ці зміни є менш критичними порівняно зі ослабленими і сильно пошкодженими, які зростають у різних умовах забруднення атмосфери транспортними емісіями. Більша різниця в перебудові пігментного комплексу листків дуба встановлена між групами дерев з різним рівнем життєвого стану. Найвищі показники накопичення пігментів виявлено в умовах середнього рівня забруднення, а найнижчі - високого рівня забруднення атмосфери викидами автотранспорту, при цьому вміст хлорофілу a знижується суттєвіше за хлорофіл b . Відношення хлорофілів a/b у дерев дуба звичайного I та II класів життєвості змінюється незначно, що дозволяє рослинам підтримувати стабільність співвідношення між

комплексами реакційних центрів фотосистем і світлозбираючого комплексу ФС II. Вміст каротиноїдів зменшується у ослаблених і сильно пошкоджених дерев порівняно зі здоровими рослинами, а за дії автотранспортних емісій - підвищується.

За рядом показників підвищення вмісту каротиноїдів, стабільність співвідношення хлорофілів a/b в умовах вуличних насаджень дуб звичайний можна віднести до стійких. У той же час низькі значення співвідношення суми хлорофілів ($a+b$) до каротиноїдів свідчать про стресовий стан рослин дуба незалежно від індексу життєвості і рівня інтенсивності забруднення повітря викидами автотранспорту. Це потребує забезпечення оптимального догляду за ростом і розвитком дерев дуба звичайного в несприятливих умовах міського середовища для підвищення рівня їх життєвості.

Література

- 1 Бессонова, В. П. Одночасний вплив важких металів (Pb і Cd) та засолення на стан асиміляційного апарату і вміст пігментів фотосинтезу пажитниці багаторічної./В. П. Бессонова, О. Є Іванченко, О.А.Пономарьова//Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія 2015. 23 (1), с.11 -15.
- 2.Джиган О.П. Вплив викидів автотранспортних засобів на морфологічні та фізіологічні характеристики *Rus typhyna* // Біосист. Дайвери, 2017, 25 (2), с.102-107.
3. Коршиков И.И. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой / И.И Коршиков , В.С. Котов , И.П Михеенко , А.А Игнатенко , Л.В Чернышова // Киев. Наукова думка, 1995, 240 с.
- 4.Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и лесных насаждений /Лесоведение 4, с 51-54.
- 5.Спецпрактимум з фізіології та біохімії рослин: навч. посіб./ О.М.Вінниченко, Ю.В.Ліхолат, В.С.Більчук, Г.С. Россихіна-Галича та ін.//.-Дніпропетровськ. ФОП. Середняк Т.К.,2014.-224 с.
6. Shupranova, L.V. Air pollution Assessment in the Dnepropetrovsk Industrial Megapolice of Ukraine/ L.V Shupranova, , М.М. Kharytonov, V.M. Khlopova,//.

Proceedings of the 32nd NATO/SPS International Technical Meeting on Air Pollution Modeling and its Application. – Utrecht, The Netherlands. – 7-11 May, 2012: Springer Science+Business Media Dordrecht, p. 101-104.

7.Бессонова В.П. Влияние поликомпонентных выбросов автомобильного транспорта на содержание хлорофилла в листьях древесных растений/ В.П.Бессонова, Н.В. Капелюш, С.В.Овчаренко, В.Д. Письменчук// Бюл. Никитского ботан сада.-Ялта, 2004.- 8. С.73-75.

8.Бессонова В. П. Морфометричні показники та вміст пластичних пігментів hvoi *Picea pungens* залежно від відстаней до автошляху/ В. П. Бессонова, О. Пономарьова // [Електронний ресурс]. Біосист. Дайвери 2017, 25 (2), с.96-101.

9.Приступа І.В. Динаміка вмісту фото синтезуючих пігментів як фітоіндикційний показник у представників р *juniperus*, що зростають в умовах промислового міста південного сходу України/І.В. Приступа, І.В.Шалімов, Т.В. Романчук // Питання біоіндикації та екології.-2009.-Вип.14,№1. С.74-80.

10.Бухарина И.Л., Кузьмин П.А., Гибадулина И.И. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в условиях городской среды (на примере г. Набережные Челны)/ И.Л.Бухарина, П.А.Кузьмин, И.И.Гибадулина //Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. 2013.1, 20-25.

11.Кучеревський В. В., Морфологічна мінливість листкової пластинки дуби звійного (*Quercus robur* L.) в умові південного сходу України.// Інтродукція та акліматизація рослин на Україні, 1983. 23,с. 45-50.

12.Григорюк І. П. Біологія каштанів./ І. П.Григорюк, С. П.Машковська, П. П Яворовський , О. В Колесніченко О. В.//. К. 2004: Логос. 384 с.

13. Володарець С. О. Фітонцидна активність у зв'язку зі вмістом хлорозаповнювачів у листі деревних рослин у міському середовищі / В. О. Володарець.// Промислова ботаніка. 2012 , 12, 167-171.

14. Гнатів П.С. Стрессова адаптивна реакція дерев у техногенному середовищі. //Науковий вісник УкрДЛТУ. 2017 , 40.1. с.69-72