

# БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА СТАНОМ АСИМІЛЯЦІЙНИХ ОРГАНІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

*О.М. Зубровська*

*молодший науковий співробітник  
відділу фізіології рослин та біології ґрунтів,  
Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України*

**Вступ.** В промислових регіонах проблема охорони довкілля займає особливе місце через надмірне концентрування у ньому багатьох хімічних елементів, серед яких і важкі метали. Це у свою чергу призводить до різноманітних порушень функціонування живих організмів, і насамперед – рослинності.

Накопичення важких металів у клітинах рослин призводить до істотних анатомо-морфологічних та фізіолого-біохімічних порушень, які знижують їх декоративні якості та біологічну стійкість, прискорюючи процеси деградації фітоценозів санітарно-захисних зон підприємств. У зв'язку з цим виникає гостра потреба вивчати і контролювати рівень забруднення важкими металами, для чого широко застосовують фітоіндикацію.

Пріоритетним підрозділом фітоіндикації є дендроіндикація, адже деревні рослини виступають середовище-утворюючим елементом у містах, який інтенсивно акумулює важкі метали, оскільки протягом життя «прив'язаний» до локальної території. Крім того деревні рослини – досить зручний і відносно дешевий об'єкт екологічних досліджень.

**Мета роботи** - дослідити вміст важких металів та інтенсивність вільнорадикальних реакцій у листках деяких деревних рослин при забрудненні середовища Zn, Ni, Pb і Cd у різні фази морфогенезу листків.

**Об'єкт та методи дослідження.** Об'єктами досліджень були *Populus bolleana* Lauche та *Acer negundo* L. другої вікової групи, що зростають на промайданчику ПАТ «Криворізький суриковий завод» (зона сильного забруднення) та у дендрарії Криворізького ботанічного саду НАН України (умовний контроль). Для аналізу відбирали листки південно-західної експозиції з середини крони у фази повного відособлення листків (I фаза) та 5-10-ту доби фази завершення росту листків (II фаза).

Вміст важких металів в рослинному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 (Україна) за загальноприйнятими методами [2].

Показники внутрішньо тканинного забруднення розраховували за Ільїним [1]. Вміст ТБК-активних продуктів визначали на спектрофотометрі СФ-2000 (Росія) за Мусієнко [3], а кількість білку – методом Грінберга [4].

**Результати та їх обговорення.** Хімічний склад рослин відображує елементний склад довкілля, але не повторює його, оскільки вони вибірково поглинають необхідні елементи відповідно їх фізіологічним і біохімічним потребам. В цілому результати акумуляції важких металів у листках деревних рослин протягом всього дослідження дозволяють говорити про її видоспецифічний характер (табл.). Так, розрахунки вмісту токсикантів у листках *P. bolleana* в промислових умовах показали, що Zn, який відноситься до високонебезпечних сполук і має переважно фоліарний шлях надходження у деревні рослини, накопичувався максимально. Його вміст як у фазу повного відособлення листків, так і на 5-10-ту доби фази завершення їх росту перевищував більш ніж у 9 разів показники контрольних рослин, що, ймовірно, пов'язане з видовою специфічністю акумуляції Zn тополями, а саме з його

безбар'єрним надходженням до вегетативних органів. Аналогічний характер накопичення Zn був встановлений Todeschini зі співавторами для тополь в зоні дії викидів хімічного заводу [5].

Менш активно *P. bolleana* акумулював Pb та Cd, рівень яких на обох етапах морфогенезу листка зростав від 3,3 до 7,5 разів порівняно з інтактними рослинами. Однак слід відмітити, що перший активніше накопичувався на 5-10-ту доби фази завершення росту листків, тоді як другий – у фазу повного відособлення листка. Найменше ж в промислових умовах у листках *P. bolleana* у обидві фази розвитку листка акумулювався Ni. Загалом зазначимо, що *P. bolleana* інтенсивно акумулювала більшість важких металів у листках. Вочевидь, це пов'язане з тим, що текстура поверхні листків тополь сприяє посиленому налипанню пилових часток зі сполуками важких металів.

На відміну від попереднього виду в асиміляційних органах *A. negundo* в зоні сильного забруднення як у I, так і у II фази темпи накопичення згаданих важких металів були менш інтенсивними та мали відносно сталий характер (табл.). Так, концентрація Zn, Ni та Pb ледь перевищувала показники контрольних рослин у 3,2-3,6 разів на обох етапах дослідження.

**Таблиця. Вміст деяких важких металів у листках деревних рослин (мкг/г сухої речовини)**

МД	Zn		Ni		Pb		Cd	
	M±m	Z <sub>л</sub>	M±m	Z <sub>л</sub>	M±m	Z <sub>л</sub>	M±m	Z <sub>л</sub>
<i>Populus bolleana</i> Lauche								
I	0,52±	—	1,05±	—	0,73±	—	0,03±	—
	0,01		0,06		0,01		0,00	
	0,70±		1,55±		0,93±		0,05±	
	0,01		0,02		0,03		0,00	
II	4,70±	9,03	2,54±	2,41	2,39±	3,30	0,18±	6,01
	0,18*		0,04*		0,09*		0,02*	
	6,97±		2,73±		6,96±		0,24±	
	0,04*		0,01*		0,10*		0,00*	
<i>Acer negundo</i> L.								
I	0,83±	—	0,36±	—	0,79±	—	0,04±	—
	0,05		0,01		0,01		0,00	
	1,07±		0,56±		2,22±		0,05±	
	0,00		0,01		0,06		0,00	
II	2,63±	3,16	1,16±	3,23	2,00±	2,53	0,10±	2,26
	0,17*		0,06*		0,15*		0,00*	
	3,71±		1,50±		8,08±		0,26±	
	0,09*		0,01*		0,12*		0,01*	

Примітка: МД – моніторингова ділянка, I – умовний контроль; II – зона сильного забруднення; Z<sub>л</sub> – показник внутрішньотканинного забруднення листків; \* – статистично вірогідна різниця відносно контролю за  $p < 0,05$ ; в чисельнику – значення у фазу повного відособлення листка, у знаменнику – на 5-10-ту доби фази завершення росту листка.

Найактивніше у своїх листках *A. negundo* акумулював Cd, котрий здебільшого потрапляє у рослини через корені. Його вміст протягом морфогенезу листової пластинки стрибкоподібно зростав і на початку фази завершення росту листків коефіцієнт внутрішньотканинного забруднення листків становив 5,5. Таке активне концентрування Cd, ймовірно, пов'язане з ефектами синергізму між іонами Cd, Zn та Pb [6].

Основними показниками інтенсивності токсичної дії важких металів на рослини вважаються продукти пероксидного окиснення ліпідів, серед яких найбільш інформативними являються ТБК-активні сполуки.

Так, кількість останніх в асиміляційних органах *P. bolleana* з проммайданчика залишалась однаковою протягом дослідження і не перевищувала контрольні показники більше, ніж у 1,8 рази. Натомість помірна акумуляція важких металів листками *A. negundo* провокувала більш інтенсивне протікання процесів пероксидного окиснення ліпідів, на що вказувало зростання концентрації ТБК-активних продуктів у листках виду у 2,6 та 2,5 рази у фазу повного відособлення листків та 5-10-ту доби фази завершення росту листків відповідно. Встановлений факт свідчить про те, що *A. negundo* є більш чутливим до стресового впливу порівняно з *P. bolleana*.

**Висновки.** Підсумовуючи, зазначимо, що протягом всього дослідження в умовах сильного промислового забруднення *P. bolleana* у своїх листках у більшій кількості, ніж *A. negundo*, концентрувала Zn, Ni, Pb та Cd. Встановлене, вочевидь, може бути пов'язане як з видоспецифічністю накопичення важких металів, так і з шляхами надходження токсикантів у рослину. Не зважаючи на такі відмінності в акумуляції згаданих елементів *A. negundo* зазнавав відчутнішого стресового впливу, що підтверджувалося інтенсивністю розвитку вільнорадикальних процесів у його листках.

#### **Список використаної літератури.**

1. Ильин В.Б. Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение / В.Б. Ильин, М.Д. Степанова // Почвоведение. – 1979. – № 11. – С. 61-67.
2. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: Б.и., 1989. – 62 с.
3. Мусієнко М.М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 200 с.
4. Greenberg Ch.S. Rapid single step membrane protease assay / Greenberg Ch.S., Gaddock Rh.R. // Clin. Chem. – 1982. – V. 28, № 7. – P. 1726-1728.
5. Todeschini V. Effects of high zinc concentration on poplar leaves: a morphological and biochemical study / [Todeschini V., Lingua G., D'Agostino G., Carniato F., Roccotiello E., Berta G.] // Environmental and Experimental Botany. – 2011. – V. 71, № 1. – P. 50-56.
6. Yang Z. Towards in understanding plant response to heavy metal stress / Yang Z., Chu C. // Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations / In Tech, Shanghai, China. – 2011. – P. 59-78.