

УДК 581.1:502.521

## ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ПРОЦЕСИ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ ТА СКЛАД ЛІПІДНИХ КОМПОНЕНТІВ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ КУТИКУЛИ ЛИСТКІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

В.М. ГРИШКО, О.М. ЗУБРОВСЬКА

*Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України  
50089 Кривий Ріг, вул. Маршака, 50  
e-mail: zubrovska@ukr.net*

Упродовж морфогенезу листків вивчено дію важких металів на динаміку процесів пероксидації та вмісту компонентів поверхневого шару кутикули листків деревних рослин. Встановлено, що в умовах промислового забруднення в листках *Populus italica* за найвищого фітоекстракційного потенціалу незначно активувались (в 1,7 раза) вільнорадикальні процеси, а також збільшувалась сумарна кількість поверхневих ліпідів кутикули, тоді як їх гетерогенність зменшувалась, що можна розглядати як адаптивні реакції виду. Це зумовлює його високу фізіологічну стійкість в умовах надмірного промислового забруднення. В органах асиміляції *Betula pendula* за низької акумуляції важких металів вміст ТБК-активних продуктів зростає більш як у 2,7 раза, а кількість поверхневих ліпідів зменшувалась, що вказує на низьку здатність виду адаптуватися до змінених умов довкілля. Проте на тлі зниження кількості фосfolіпідів і дигліцеридів рівень гетерогенності ліпідних сполук у листках *B. pendula* підвищувався за рахунок фракцій вільних жирних кислот і стеринів, які, ймовірно, використовувалися для стабілізації кутикулярного шару в умовах забруднення.

*Ключові слова:* деревні рослини, важкі метали, ТБК-активні продукти, ліпіди, адаптація.

В умовах техногенного забруднення міська рослинність акумулює фітотоксичні елементи, в тому числі важкі метали, в надмірних кількостях, що призводить до зниження їхніх декоративних якостей і фізіологічної стійкості [5, 12]. Остання зумовлена різноманітними стресовими реакціями, які реалізуються через процеси пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ). З'ясування особливостей перебігу вільнорадикальних процесів важливе для прогнозування характеру дії різноманітних абіотичних і біотичних стресорів на рослину й оцінки ефективності запропонованих заходів ослаблення їхнього негативного впливу [15, 20]. У системі комплексного розуміння фізіологічного стану рослин у стресових умовах останнім часом особливу увагу приділяють первинним реакціям за участю ліпідних компонентів. Деградацію ліпідів вважають однією з багатьох неспецифічних фізіологічних реакцій на вплив екзогенних чинників, оскільки кількісний та якісний склад ліпідів і жирних кислот зумовлює ефективність функціонування таких бар'єрних систем рослин, як кутикула і клітинні мембрани [18].

© В.М. ГРИШКО, О.М. ЗУБРОВСЬКА, 2017

Метою дослідження було оцінювання процесів ПОЛ і встановлення видоспецифічних змін основних компонентів поверхневих ліпідів кутикули листків деревних рослин протягом їх морфогенезу за комплексної дії важких металів.

### Методика

Об'єктами дослідження були *Populus italica* (Du Roi) Moench, *Tilia cordata* Mill. і *Betula pendula* Roth. другої вікової групи на промайданчику ПАТ «Криворізький суриковий завод» (у зоні сильного забруднення) та у дендрарії Криворізького ботанічного саду НАН України (умовний контроль). Листки відбирали із середини крони південно-західної експозиції в різні фази їх морфогенезу: повного відокремлення та на 5–10-ту і 80–85-ту доби фази завершення росту листків.

Вміст важких металів у листках встановлювали за методичними вказівками з визначення важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь і продукції рослинництва [11] на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115 (Україна). Внутрішньотканинне забруднення рослин обчислювали як відношення вмісту елемента в листках рослин в умовах забруднення до його вмісту в листках контрольних рослин за Їльїним, Степановою [8]. Вміст ТБК-активних продуктів визначали на спектрофотометрі СФ-2000 (Росія) за Мусієнком та співавт. [13], кількість білка в гомогенатах — за Грінберг, Гаддок [19]. Поверхневі ліпіди кутикули екстрагували за методом Блайя і Дайера в модифікації Берзеніної та співавт. [1]. Тонкошарову хроматографію поверхневих ліпідів кутикули проводили за Кейтсом [9] на силікагельних пластинах «Silufol» з розміром часточок 2,5–7,5 мкм. Аналітична повторність дослідів — чотириразова. Експериментальні дані оброблено статистично за 95 % рівня значущості методами параметричної статистики за Доспеховим [6].

### Результати та обговорення

У наших попередніх дослідженнях [4] показано, що *P. italica* належить до видів із високим рівнем акумуляції більшості важких металів, *T. cordata* — до видів із середнім рівнем, *B. pendula* — із низьким рівнем акумуляції. Так, у зоні сильного забруднення (табл. 1) протягом морфогенезу листкова пластинка *P. italica* максимально інтенсивно накопичувала цинк. Це узгоджується з даними Копилової [10], яка встановила, що види *Populus* є концентраторами цинку. Менш інтенсивно в листках цього виду акумулювалися нікель і кадмій, що швидше за все зумовлено функціонуванням глутатіонової ланки антиоксидантних систем, яка, згідно з результатами досліджень Себастьяні та співавт. [22], відіграє важливу роль в детоксикації кадмію.

В органах асиміляції *T. cordata* і *B. pendula* найвищий показник внутрішньотканинного забруднення був характерний для кадмію (див. табл. 1). Відомо, що в умовах значного антропогенного чи техногенного навантаження *B. pendula* є накопичувачем кадмію [3]. Рівень свинцю в листках усіх видів здебільшого не перевищував контрольні показники більш як у 3 рази.

Висока інтенсивність накопичення сполук важких металів листками *P. italica* вочевидь пов'язана з наявністю на поверхні кутикули клейких компонентів (смолистих речовин, слизу, терпенів), що спри-

ТАБЛИЦЯ 1. Індeksi внутрішньотканинного забруднення листків деревних рослин на проммайданчику та кореляційна залежність утворення ТБК-активних продуктів від вмісту важких металів

Фаза розвитку листка	Цинк	Нікель	Свинець	Кадмій
<i>Populus italica</i>				
I	$\frac{12,62}{+0,83 \pm 0,21}$	$\frac{3,77}{+0,78 \pm 0,24}$	$\frac{2,87}{+0,82 \pm 0,22}$	$\frac{4,99}{+0,86 \pm 0,19}$
II	$\frac{23,07}{+0,87 \pm 0,19}$	$\frac{5,86}{+0,87 \pm 0,19}$	$\frac{8,19}{+0,88 \pm 0,18}$	$\frac{8,65}{+0,89 \pm 0,17}$
III	$\frac{11,38}{+0,97 \pm 0,09}$	$\frac{3,10}{+0,97 \pm 0,09}$	$\frac{4,68}{+0,98 \pm 0,08}$	$\frac{6,81}{+0,95 \pm 0,12}$
<i>Tilia cordata</i>				
I	$\frac{2,36}{+0,84 \pm 0,27}$	$\frac{3,89}{+0,96 \pm 0,14}$	$\frac{1,34}{+0,89 \pm 0,23}$	$\frac{6,15}{+0,94 \pm 0,18}$
II	$\frac{3,81}{+0,94 \pm 0,17}$	$\frac{2,78}{+0,98 \pm 0,10}$	$\frac{1,36}{+0,98 \pm 0,11}$	$\frac{5,37}{+0,99 \pm 0,06}$
III	$\frac{3,14}{+0,97 \pm 0,12}$	$\frac{2,00}{+0,95 \pm 0,16}$	$\frac{1,52}{+0,97 \pm 0,12}$	$\frac{6,61}{+0,98 \pm 0,11}$
<i>Betula pendula</i>				
I	$\frac{1,95}{+0,89 \pm 0,23}$	$\frac{1,34}{+0,84 \pm 0,27}$	$\frac{2,05}{+0,94 \pm 0,17}$	$\frac{15,03}{+1,00 \pm 0,05}$
II	$\frac{2,32}{+0,99 \pm 0,07}$	$\frac{1,43}{+0,99 \pm 0,06}$	$\frac{2,62}{+0,99 \pm 0,07}$	$\frac{5,79}{+0,99 \pm 0,07}$
III	$\frac{4,98}{+1,00 \pm 0,05}$	$\frac{1,88}{+0,96 \pm 0,13}$	$\frac{1,98}{+1,00 \pm 0,05}$	$\frac{7,54}{+0,99 \pm 0,06}$

Примітка. Над ризкою — значення індексу внутрішньотканинного забруднення листків ( $Z^p$ ); під ризкою — значення коефіцієнта кореляції; I — фаза повного відокремлення листка; II — 5–10-та доби фази завершення росту листка; III — 80–85-та доби фази завершення росту листка.

чинює більше фоліарне проникнення токсичних елементів до органів асиміляції [17].

Довготривалий вплив важких металів на деревні рослини зумовлює стресову реакцію, що виявляється в накопиченні в їхніх клітинах вторинних продуктів пероксидації — ТБК-активних речовин, які включають і малоновий діальдегід (МДА) [14]. Так, визначенням вмісту вторинних продуктів пероксидації у листках контрольних рослин протягом їх морфогенезу встановлено, що вільнорадикальні процеси найінтенсивніше відбувалися у *B. pendula* (4,93–5,40 мкмоль МДА/мг білка). У *P. italica* за фізіологічно нормальних умов рівень ТБК-активних сполук був мінімальним (табл. 2). Встановлене, швидше за все, підтверджує видоспецифічність процесів пероксидації, які супроводжують метаболізм рослин під час росту і розвитку органів асиміляції.

Штучно створені паркові насадження на проммайданчиках підприємств зазнають істотного антропогенного впливу протягом усього вегетаційного періоду. Згідно з результатами досліджень, у зоні сильного забруднення на всіх етапах формування листків найменше інтенсифіку-

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

ТАБЛИЦЯ 2. Вміст ТБК-активних продуктів у листках деревних рослин за комплексної дії важких металів (мкмоль МДА/мг білка)

Моніторингова ділянка	Фаза повного відокремлення листків			5—10-та доби фази завершення росту листків			80—85-та доби фази завершення росту листків		
	$M \pm m$	% конт-ролю	$t_{st}$	$M \pm m$	% конт-ролю	$t_{st}$	$M \pm m$	% конт-ролю	$t_{st}$
<i>Populus italica</i>									
Умовний контроль	2,64±0,04	—	—	2,94±0,23	—	—	4,79±0,09	—	—
Зона сильного забруднення	3,68±0,21	139,2	4,8	4,48±0,17	152,3	5,4	8,49±0,23	177,2	11,21
<i>Tilia cordata</i>									
Умовний контроль	3,92±0,14	—	—	4,53±0,16	—	—	5,54±0,33	—	—
Зона сильного забруднення	8,68±0,74	221,7	6,3	9,41±0,23	207,6	17,6	10,72±0,53	191,5	9,28
<i>Betula pendula</i>									
Умовний контроль	4,93±0,28	—	—	5,08±0,16	—	—	5,46±0,35	—	—
Зона сильного забруднення	12,74±0,24	258,6	21,3	13,87±0,18	273,1	36,4	16,02±0,51	292,7	19,62

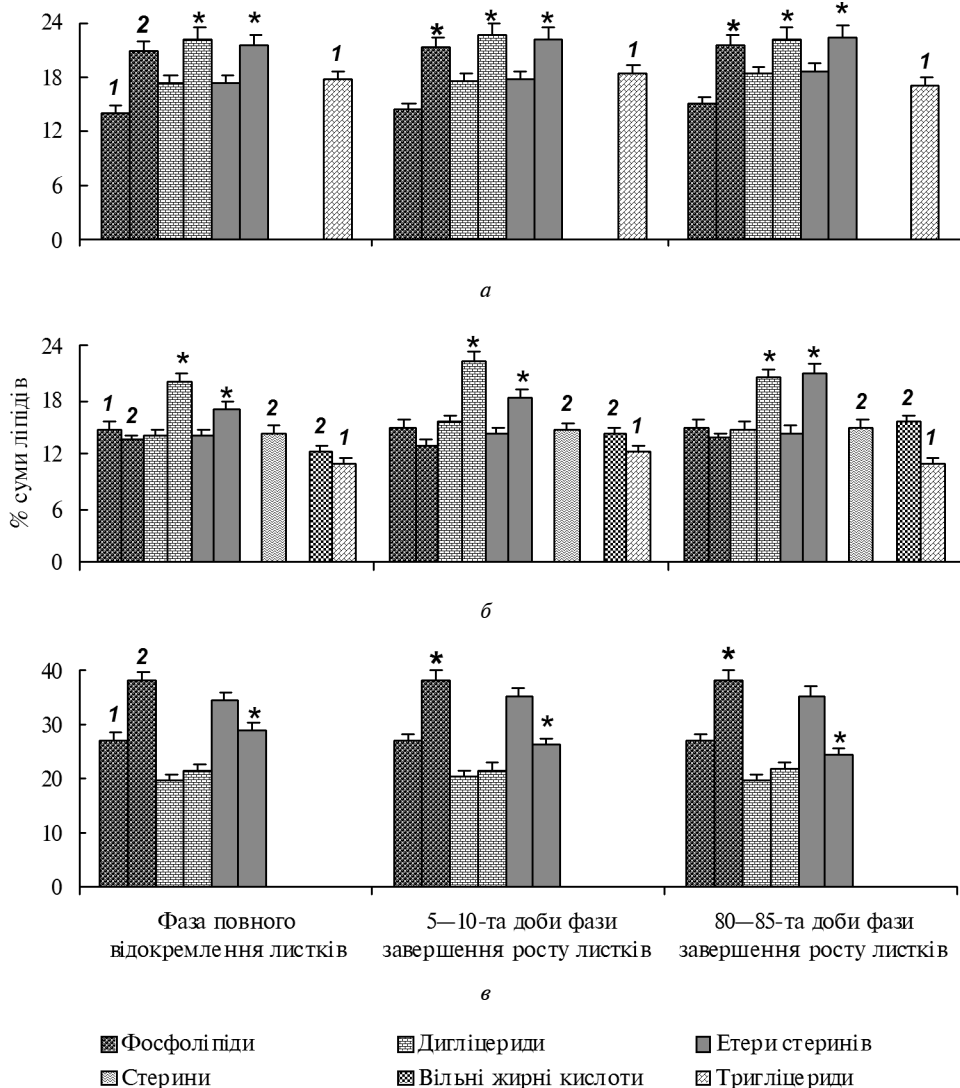
вались вільнорадикальні процеси ( $\leq 1,7$  разів відносно показників інтактних рослин) у *P. italica* (див. табл. 2). Швидше за все це пов'язано з підвищеною інтенсивністю функціонування антиоксидантних систем [22] та рівнем біосинтезу фітохелатинів і металотіонеїнів [23], що забезпечує високу стійкість рослин цього виду в промислових умовах. Наведені в табл. 1 дані підтвердили позитивну кореляційну залежність між темпами акумуляції важких металів, особливо кадмію, та рівнем ТБК-активних сполук у листках *P. italica* ( $r = +0,86-0,95$ ).

У листках *T. cordata* в промисловій зоні рівень ТБК-активних сполук зростав удвічі (див. табл. 2), що, ймовірно, зумовлено зниженням концентрації водорозчинних антиоксидантів [16]. До того ж встановлено сильний позитивний кореляційний зв'язок (див. табл. 1) між концентрацією вторинних продуктів пероксидації в листках виду і вмістом важких металів, особливо нікелю ( $r = +0,96-0,98$ ) та кадмію ( $r = +0,94-0,99$ ).

Як видно з даних табл. 2, у *B. pendula* вміст ТБК-активних метаболітів перевищував контрольні показники у 2,5—2,9 рази як на початку, так і наприкінці морфогенезу листків. Встановлений факт певною мірою пояснюється значними темпами біологічної акумуляції кадмію та особливостями перебігу фізіолого-біохімічних процесів [7]. Аналіз кореляцій між накопиченням вторинних продуктів пероксидації та вмістом іонів кадмію, свинцю, нікелю і цинку в листках деревних рослин підтвердив високий ступінь зв'язку між цими показниками (див. табл. 1).

Вплив на деревні рослини різноманітних стресових чинників коригують гомеостатичні механізми [18], важливу роль у підтриманні яких відіграють ліпідні компоненти як клітини, так і кутикули. Склад поверхневих ліпідів кутикули листків значно змінюється і визначається насамперед фазою онтогенезу та видовими особливостями рослин [2, 22]. Так, методом тонкошарової хроматографії виділених екстрактів встановлено, що протягом усього дослідження в суміші поверхневих ліпідів кутикули листків контрольних рослин переважали три групи сполук: фосфоліпіди, дигліцериди та етери стеринів, рівень яких становив 14–38 % загального вмісту ліпідів (рисунок). До того ж слід зазначити, що серед поверхневих ліпідів видів *P. italica* і *B. pendula* ідентифіковано тригліцериди.

Порівнянням якісного і кількісного складу поверхневих ліпідів кутикули листків в умовах сильного забруднення виявлено загальні зако-



Вміст основних фракцій поверхневих ліпідів листків *P. italica* (а), *B. pendula* (б) і *T. cordata* (в), % загальної суми ліпідів:

1 – умовний контроль; 2 – зона сильного забруднення; \* – статистично вірогідна різниця відносно контролю,  $p < 0,05$

номірності: зменшення гетерогенності суміші (наприклад, у *P. italica* і *B. pendula* не ідентифікувалися тригліцериди) та зміну її якісних характеристик у бік більш високомолекулярних компонентів (у *B. pendula* в значній кількості з'явилися стерини), що вказує на розвиток найраціональніших адаптивних реакцій зі збільшенням гідрофобності шару кутикули.

Так, у поверхневих ліпідах листків видів *P. italica* і *T. cordata* на всіх етапах їх морфогенезу вміст фосфоліпідів зростав відповідно на 7 і 10 % (див. рисунок). Бухаріна [2] припустила, що такі зміни в листках *T. cordata* є ознакою її фізіологічної адаптації до умов промислових майданчиків підприємств.

Натомість у *B. pendula* в зоні сильного забруднення зниження вмісту фосфоліпідів у поверхневих ліпідах супроводжувалось появою вільних жирних кислот, які, ймовірно, поповнювалися в результаті гідролізу фосфоліпідів або інтенсифікації в епідермальних тканинах оксидативних процесів. Крім того, до 6 % підвищився вміст дигліцеридів у кутикулярному шарі листків *P. italica* і *B. pendula*. Зміни вмісту фосфоліпідів, дигліцеридів і вільних жирних кислот за умов промислового забруднення можуть свідчити про стан систем реагування рослин на дію екологічних чинників [17, 18].

У деревних видів, окрім *T. cordata*, в зоні сильного забруднення вміст етерів стеринів зростав на 3–7 % (див. рисунок), що теж можна розглядати як адаптаційну реакцію рослин, адже синтез і перетворення цих сполук певною мірою регулює проникність поверхневого шару кутикули листків [18].

У процесі пристосування рослин до чинників зовнішнього середовища відбувається біосинтез нових ліпідних компонентів, які впливають на зміну гідрофобності шару кутикули [21]. Так, у складі кутикулярних ліпідів листків *B. pendula* протягом усього дослідження ідентифікувалися вільні жирні кислоти і стерини, які, напевно, використовувалися для стабілізації поверхневого шару кутикули за дії важких металів.

Отже, на промислово забруднених територіях протягом морфогенезу листків деревних рослин було встановлено видоспецифічне підвищення інтенсивності процесів ПОЛ. За незначної біологічної акумуляції більшості важких металів найістотніше зростав вміст ТБК-активних продуктів (більш як у 2,7 раза порівняно з контролем) у *B. pendula*, що вказує на меншу її пластичність і низьку здатність адаптуватися до змінених умов довкілля. Фізіологічно найстійкішою виявилась *P. italica*, для якої був характерний невисокий рівень вільнорадикальних процесів за найвишого фітоекстракційного потенціалу.

Стресова дія важких металів зумовила збільшення загального вмісту поверхневих ліпідів кутикули у *P. italica*, що в умовах сильного забруднення можна розглядати як певну адаптивну реакцію виду. У листках *B. pendula* рівень кутикулярних ліпідів знижувався, що може свідчити про негативний вплив антропогенного забруднення на її захисні властивості. Стосовно фракційного складу суміші поверхневих ліпідів кутикули листків в умовах сильного забруднення виявлено видоспецифічні адаптивні закономірності. Так, у *P. italica* за загального зростання кількості ліпідних фракцій гетерогенність суміші зменшувалась. У листках *T. cordata* якісний склад поверхневих ліпідів не змінювався, але їх вміст знижувався, за винятком фосфоліпідів. *B. pendula* характеризувалася зростанням гетерогенності сполук у суміші поверхневих ліпідів за рахунок

фракцій вільних жирних кислот і стеринів на тлі зменшення вмісту фосфоліпідів і дигліцеридів.

Виявлені кількісні та якісні зміни складу поверхневих ліпідів у листках деревних рослин у зоні промислового забруднення можуть бути використані для біоіндикації екологічного стану навколишнього середовища у промислових регіонах.

1. Берзенина О.В., Штеменко Н.І., Шепеленко В.М. Методи дослідження поверхневих ліпідів рослин // Вісн. Дніпропетров. ун-ту. Біологія. Екологія. — 2002. — 1, вип. 10. — С. 104—108.
2. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект. — Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. — 206 с.
3. Ветчинникова Л.В., Кузнецова Т.Ю., Титов А.Ф. Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизированных территориях в условиях Севера // Труды Карельского научного центра РАН. — 2013. — № 3. — С. 68—73.
4. Гришко В.М., Піскова О.М. Особливості акумуляції важких металів у листках деревних рослин при аерогенному забрудненні екотопів // Інтродукція рослин. — 2014. — № 1(61). — С. 93—100.
5. Гришко В.М., Сищиков Д.В., Піскова О.М. та ін. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. — Донецьк: Донбас, 2012. — 303 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
7. Ерофеева Е.А., Наумова М.М. Взаимосвязь физиолого-морфологических показателей листовой пластинки березы повислой с содержанием в ней тяжелых металлов // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. Биология. — 2010. — № 1. — С. 140—143.
8. Ильин В.Б., Степанова М.Д. Относительные показатели загрязнения в системе почва—растение // Почвоведение. — 1979. — № 11. — С. 61—67.
9. Кейтс М. Техника липидологии / Пер. с англ. — М.: Мир, 1975. — 156 с.
10. Копылова Л.В. Накопление тяжелых металлов в древесных растениях на урбанизированных территориях Восточного Забайкалья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Улан-Уде, 2012. — 26 с.
11. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. — М.: Б.и., 1989. — 62 с.
12. Моргунов В.В. Передмова // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. — К.: Логос, 2009. — Т. 2. — С. 7—11.
13. Мусієнко М.М., Паршикова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 200 с.
14. Смірнов О.Є., Таран Н.Ю. Фітотоксичні ефекти алюмінію та механізми алюморезистентності вищих рослин // Физиология растений и генетика. — 2013. — 45, № 4. — С. 281—289.
15. Таран Н.Ю., Оканенко О.А., Бацманова Л.М. та ін. Роль сульфохіноазилдіацилгліцеролу в адаптивних реакціях *Triticum aestivum* L. на оксидний стрес // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. — К.: Логос, 2009. — Т. 2. — С. 233—238.
16. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Мальцева Е.Ю. и др. Антиоксидантный статус растений в условиях загрязнения кадмием городской среды // Вестн. Балтийск. федеральн. ун-та им. И. Канта. — 2011. — Вып. 7. — С. 16—23.
17. Buschhaus Ch., Jetter R. Composition differences between epicuticular and intracuticular wax substructures: How do plants seal their epidermal surfaces? // J. Exp. Bot. — 2011. — 62, N 3. — P. 841—853.
18. Emamveridian A., Ding Y., Mokhberdorani F., Xie Y. Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response // The Scientific World J. — V. 2015, Article ID 756120, 18 p., <http://dx.doi.org/10.1155/2015/756120>.
19. Greenderg Ch.S., Gaddock Rh.R. Rapid single step membrane proteome assay // Clin. Chem. — 1982. — 28, N 7. — P. 1726—1728.
20. Joo J.H., Wang S., Chen J.G. et al. Different signaling and cell death roles of heterotrimeric G protein *a* and *b* subunits in the *Arabidopsis* oxidative stress response to ozone // Plant Cell. — 2005. — N 17. — P. 957—970.
21. Petrova S., Yurukova L., Velcheva I. Possibilities of using deciduous tree species in trace element biomonitoring in an urban area (Plovdiv, Bulgaria) // Atmospheric Pollution Research. — 2014. — 5. — P. 196—202.

22. *Sebastiani L., Francini A., Romeo S. et al.* Heavy metals stress on poplar: molecular and anatomical modifications // Approaches to Plant Stress and Their Management / Ed.: R.K. Gaur, P. Sharma. — Springer India, 2014. — P. 267–279.
23. *Yang Z., Chu C.* Towards understanding plant response to heavy metal stress // Abiotic Stress in Plants — Mechanisms and Adaptations. — 2011. — P. 59–78.

Отримано 25.04.2017

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРОЦЕССЫ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ И СОСТАВ ЛИПИДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КУТИКУЛЫ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

*В.Н. Гришко, О.Н. Зубровская*

Криворожский ботанический сад Национальной академии наук Украины

На протяжении морфогенеза листьев изучено действие тяжелых металлов на динамику процессов перекисидации и содержания компонентов поверхностного слоя кутикулы листьев древесных растений. Установлено, что в условиях промышленного загрязнения в листьях *Populus italica* при самом высоком фитоэкстракционном потенциале незначительно активизировались (в 1,7 раза) свободнорадикальные процессы, а также увеличивалось суммарное количество поверхностных липидов кутикулы, тогда как их гетерогенность уменьшалась, что можно рассматривать как адаптивные реакции вида. Это обуславливает его высокую физиологическую устойчивость в условиях чрезмерного промышленного загрязнения. В органах ассимиляции *Betula pendula* при низкой аккумуляции тяжелых металлов содержание ТБК-активных продуктов возрастало более чем в 2,7 раза, а количество поверхностных липидов уменьшалось, что указывает на низкую способность вида адаптироваться к измененным условиям окружающей среды. Однако на фоне снижения количества фосфолипидов и диглицеридов уровень гетерогенности липидных соединений в листьях *B. pendula* повышался за счет фракций свободных жирных кислот и стероидов, которые, вероятно, использовались для стабилизации кутикулярного слоя в условиях загрязнения.

INFLUENCE OF HEAVY METALS ON PEROXIDATION PROCESSES AND COMPOSITION OF CUTICLE SURFACE LAYER LIPID COMPONENTS OF TREES LEAVES

*V.M. Gryshko, O.M. Zubrovs'ka*

Kryvyi Rih Botanic Garden, National Academy of Sciences of Ukraine  
50 Marshak St., Kryvyi Rih, 50089, Ukraine

During morphogenesis of leaves influence of heavy metals on the intensity of lipid peroxidation processes and changes in the content of components of the cuticle surface layer of the woody plants leaves was studied. It was found that under conditions of industrial pollution in the leaves of *Populus italica* at high phytoextraction potential free-radical processes slightly activated (by 1.7 times). Also total amount of the surface cuticular lipids increased, while their heterogeneity decreased, which can be regarded as a type of adaptive responses of species. The above leads to its high physiological resistance to the conditions of excessive industrial pollution. In the leaves of *Betula pendula* with negligible accumulation of heavy metals content of TBA-active products increased more than 2.7 times, while the quantity of surface lipids decreased, which indicates a low ability of this species to adapt to changed environmental conditions. However, against decrease in amounts of diglycerides and phospholipids the level of lipid compounds heterogeneity in *B. pendula* leaves increased by fractions of free fatty acids and sterols, which are likely have been used to stabilize the cuticular layer at pollution conditions.

*Key words:* woody plants, heavy metals, TBA-active products, lipids, adaptation.