

**ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ
НА ВМІСТ ПЛАСТИДНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ
ЛИПИ СЕРЦЕЛИСТОЇ (*TILIA CORDATA* L.)**

Н. Глібовицька

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Галицька, 201, Івано-Франківськ 76008, Україна
e-mail: nataly.glibovytska@gmail.com*

Досліджено особливості змін вмісту пластидних пігментів у листових пластинках *Tilia cordata* L. в різних умовах антропогенного навантаження. Виявлено зв'язок між концентрацією фотосинтетичних пігментів листків липи серцелистої та їх морфометричними параметрами. Встановлено вплив важких металів на стан асиміляційного апарату виду. Обґрунтовано перспективність використання *Tilia cordata* L. як біоіндикатора в моніторингових дослідженнях для оцінки стану довкілля в умовах урботехногенного пресингу.

Ключові слова: *Tilia cordata* L., пластидні пігменти, морфометричні параметри, важкі метали, антропогенне забруднення.

Деревні насадження є потужним природним чинником протидії негативним для довкілля наслідкам урбанізації і техногенного забруднення. Водночас вплив антропогенних поллютантів призводить до значного погіршення стану рослин, зменшення їхньої фітомеліоративної і декоративної функції [3].

Адаптаційні процеси до стресових факторів залежать головним чином від оптимального функціонування асиміляційного апарату рослини, одним із показників якого є рівень фотосинтетичних пігментів і їхнє співвідношення [5]. Вміст пластидних пігментів та їх стан визначають стійкість, життєздатність і продуктивність рослин [11]. Порушення фотосинтезу є найпершими невидимими пошкодженнями, які з'являються у рослин, призводячи до появи видимих морфологічних і анатомічних змін, пов'язаних із руйнуванням пігментних комплексів [12].

Зменшення вмісту пластидних пігментів у листках в міру зростання антропогенного навантаження на екотопи зумовлено здатністю окремих екотоксикантів, зокрема важких металів, акумулюватися у хлоропластах, інтенсифікувати процеси вільнорадикального окислення ліпідів їх мембран та інгібувати синтез фотосинтетичних ферментів [1, 4, 9, 10].

Метою даної роботи було дослідити вміст і співвідношення пластидних пігментів у листових пластинках *Tilia cordata* L. в умовах різнофункціональних зон Івано-Франківської урбоєкосистеми.

Матеріали та методи

Дослідження проводили в урбоєкосистемі Івано-Франківська, яка розташована у розширеній частині басейну нижньої течії ріки Бистриця на межі Західного Лісостепу і Прикарпаття.

За принципом ландшафтно-функціонального зонування території [6], для досліджуваної урбоєкосистеми розроблено моніторингову мережу, згідно з якою виділено дослідні ділянки, що належать до зони транспортних шляхів, зони житлової забудови, зони промислових комплексів і зони комплексного озеленення. Як фонову обрано умовно екологічно чисту територію – урочище Дем'янів Лаз, розташовану за межами міста.

Відбір зразків рослинного матеріалу здійснювали з підвітряного боку дерева в однакових ярусах за одного порядку галуження у період завершення повного розвитку асиміляційної системи (серпень-вересень) [7].

Вміст хлорофілів і каротиноїдів визначали фотоелектроколориметричним методом після екстракції 96% спиртом. Обрахунки здійснювали за формулами Вінтерманс де Мотс [2].

Математичну обробку результатів проводили варіаційно-статистичним методом. Достовірність відмінності одержаних експериментальних даних із контрольними оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента. Нульову гіпотезу відкидали при $P \leq 0,05$. Всі розрахунки проводили за допомогою редактора MS Excel 2007 та програмного пакета Statistica 6,0.

Результати і їхнє обговорення

Встановлено достовірне зниження вмісту пластидних пігментів у листках липи серцелистої в усіх досліджених зонах урбоекосистеми стосовно відповідних їм фонових значень (табл. 1).

Простежуються закономірності в характері змін концентрації фотосинтетичних пігментів у листках *Tilia cordata* L. в умовах різних за своїм функціональним призначенням екотопів міста. Зниження вмісту хлорофілів та каротиноїдів у листових пластинках виду в межах м. Івано-Франківська спостерігається в такому ряді досліджених зон: зона комплексного озеленення → зона житлової забудови → зона промислових комплексів → зона транспортних шляхів.

Відзначено зміни у співвідношенні хлорофілу а і b, суми хлорофілів та каротиноїдів у листках липи серцелистої в умовах різнофункціональних екотопів урбоекосистеми, порівняно з фоновими показниками. У сумарному вмісті хлорофілів зростає частка хлорофілу b, на що вказує зниження співвідношення зелених пігментів: від 1,97 у зоні комплексного озеленення до 1,41 – у зоні транспортних шляхів при фоновому значенні 2,68. Це свідчить про високу чутливість хлорофілу а до антропогенних поллютантів і пригнічення фотосинтетичних процесів виду в умовах забруднення довкілля.

Підвищення частки каротиноїдів і зниження суми хлорофілів у листових пластинках *Tilia cordata* L. в межах міста відбувається відповідно до зростання градієнта урботехногенного навантаження. Враховуючи особливу роль каротиноїдів як протекторів хлорофілів від фотоокислення, збільшення їхньої частки можна розглядати як один із факторів, що забезпечує толерантність рослин до дії важких металів [8].

Таблиця 1

Вміст фотосинтетичних пігментів і їхнє співвідношення у листках *Tilia cordata* L. в межах різнофункціональних зон урбоекосистеми Івано-Франківська

Функціональна зона	Вміст пігментів, мг/г сухої маси				
	Хл.а	Хл.б	а/б	Карот.	(а+б) карот.
Фонова територія	3,64	1,36	2,68	0,55	9,09
Зона промислових комплексів	1,13±0,12*	0,66±0,11*	1,71	0,42±0,02*	4,26
Зона житлової забудови	1,53±0,19*	0,81±0,14*	1,89	0,45±0,02*	5,20
Зона транспортних шляхів	0,86±0,27*	0,61±0,16*	1,41	0,37±0,03*	3,97
Зона комплексного озеленення	2,54±0,10*	1,29±0,08	1,97	0,46±0,03*	8,33

Примітка. Тут і в табл. 3: * – відмінності з контролем достовірні при $P \leq 0,05$.

Встановлено наявність достовірних кореляційних залежностей між вмістом пластидних пігментів у листках липи серцелистої та їх морфометричними параметрами (табл. 2).

Пригнічення фотосинтетичної функції листових пластинок *Tilia cordata* L. в умовах антропогенного забруднення супроводжується зростанням ступеня їх некротичного ураження.

Зменшення вмісту пластидних пігментів у листках виду відбувається пропорційно до зниження їхньої площі та біомаси, на що вказують високі значення коефіцієнтів лінійної кореляції між даними показниками.

Таблиця 2

Кореляційні залежності між вмістом пластидних пігментів у листках *Tilia cordata* L. та їх морфометричними параметрами в умовах Івано-Франківської урбоекосистеми

Досліджувані параметри	Коефіцієнт кореляції, r			
	Хлорофіл a	Хлорофіл b	a+b	Каротиноїди
Площа листка	0,98	0,90	0,97	0,93
Біомаса листка	0,96	0,84	0,93	0,97
Ступінь некротизації	-0,99	-0,93	-0,98	-0,95

Вміст важких металів у листках *Tilia cordata* L. в більшості локальних екотопів урбоекосистеми достовірно відрізняється від фонових значень (табл. 3).

Таблиця 3

Середній вміст важких металів у листках *Tilia cordata* L. в межах різнофункціональних екотопів м. Івано-Франківська

Функціональна зона	Значення показників (M±m), мг/кг				
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni
Фонова територія	2,69	0,78	3,15	16,43	3,35
Зона промислових комплексів	4,75±0,2*	1,31±0,1*	4,62±0,4*	21,50±1,4*	4,85±0,6
Зона житлової забудови	4,60±0,3*	1,25±0,1*	4,21±0,3*	20,25±1,2*	4,02±0,3
Зона транспортних шляхів	4,89±0,3*	1,28±0,1*	4,64±0,3*	22,47±0,1*	4,68±0,5*
Зона комплексного озеленення	4,58±0,4*	1,12±0,1*	3,89±0,6	19,34±2,1	3,87±0,4

Найвищі концентрації свинцю та цинку встановлені в зоні транспортних шляхів (відповідно в 1,82 та 1,37 рази вище за контрольні показники), кадмію і нікелю – у зоні промислових комплексів (перевищують фонові значення в 1,68 та 1,45 рази відповідно), купруму – в придорожньому і промисловому екотопах (в 1,47 рази вище щодо контролю).

Встановлено наявність тісних достовірних негативних кореляційних зв'язків між акумуляцією важких металів листовими пластинками липи серцелистої та вмістом у них фотосинтетичних пігментів (табл. 4).

Найтісніший зв'язок (із коефіцієнтом кореляції -0,99) виявлено між вмістом хлорофілу a та значенням концентрації Cu у листках. Найістотніший негативний вплив на вміст хлорофілу b у листових пластинках виду здійснює Ni, суми хлорофілів – Cu, каротиноїдів – Zn.

Cd і Pb хоча характеризуються наявністю достовірних негативних кореляційних зв'язків із вмістом пластидних пігментів листків *Tilia cordata* L., проте серед досліджених важких металів найменше пригнічують їх синтез.

Таблиця 4

Кореляційний взаємозв'язок між акумуляцією важких металів і вмістом фотосинтетичних пігментів у листових пластинках липи серцелистої в умовах урбоекосистеми Івано-Франківська

Досліджувані параметри	Коефіцієнт кореляції, r			
	Хлорофіл a	Хлорофіл b	a+b	Каротиноїди
Pb	-0,89	-0,73	-0,85	-0,91
Cd	-0,96	-0,86	-0,94	-0,91
Cu	-0,99	-0,93	-0,98	-0,96
Zn	-0,98	-0,91	-0,97	-0,98
Ni	-0,96	-0,94	-0,97	-0,91

В умовах урбанізованого середовища у міру зростання антропогенного забруднення в листових пластинках липи серцелистої спостерігається пригнічення синтезу пластидних пігментів, зниження співвідношення хлорофілів і зростання частки каротиноїдів.

Зниження вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *Tilia cordata* L. супроводжується пригніченням рівня ростових процесів та накопиченням біомаси листових пластинок виду.

Акумуляція важких металів листками липи серцелистої призводить до інгібування фотосинтетичних процесів, при цьому найвищу фітотоксичність проявляє Cu.

Враховуючи інформативність показників вмісту пластидних пігментів у листках *Tilia cordata* L. і чутливість виду до антропогенного забруднення, перспективним є його використання як біоіндикатора при здійсненні оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно-змінених екосистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бессонова В. П. Вплив важких металів на пігментну систему листка // Укр. ботан. журнал. 1992. Т. 49. № 2. С. 63–66.
2. Войцехівська О. В., Капустян А. В., Косик О. І. та ін. Фізіологія рослин: практикум. Луцьк: Терен, 2010. 420 с.
3. Гнатів П. С. Функціональна адаптація деревних рослин до умов урбанізованого середовища на Заході України: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.16. Чернівці, 2006. 41 с.
4. Коршиков И. И., Котов В. С., Михеенко И. П. и др. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Устойчивость. Фитоиндикация. Оптимизация. К.: Наук. думка, 1995. 191 с.
5. Мисяк Р. І. Активність фотосинтетична пігментів чагарників за умов різної інсоляції // Наук. вісн. НЛТУ України. 2011. Вип. 21.16. С. 319–323.
6. Парпан В. І., Миленка М. М. Методологічні аспекти оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно-змінених територій // Вісн. Дніпропетровськ. ун-ту. Сер. біол., екол. 2010. Т. 2. Вип. 18. С. 61–68.
7. Парпан В. І., Миленка М. М. Морфологічні особливості *Populus pyramidalis* Roz. в умовах урботехногенного забруднення середовища // Екологія та ноосферологія. 2009. Т. 20. № 3–4. С. 84–90.
8. Сергейчик С. А., Гвардиян В. Н., Сергейчик А. А. и др. Влияние атмосферных загрязнений на фотосинтез древесных растений // Ботан. журнал. 1989. № 5. С. 736–740.
9. Сергейчик С. А., Сергейчик А. А. Физиолого-биохимические аспекты устойчивости растений в техногенной среде // Промышленная ботаника, состояние и перспективы развития. К.: Наукова думка, 1990. 256 с.
10. Топчій Н. М., Онойко О. Б. Вплив важких металів на індукцію флуоресценції хлорофілу // Актуальні проблеми ботаніки та екології: матеріали міжнар. конф. молодих вчених-ботаніків (17–20 вересня 2007 р.). К.: Фітосоціоцентр, 2007. С. 232–233.
11. Хвостов О. О., Бовт В. Д., Капелюш Н. В. Вплив аерогенного забруднення на вміст пластидних пігментів у листках деревної рослинності м. Запоріжжя // Вісн. Запорізьк. ун-ту. Біол. науки. 2011. № 2. С. 125–131.
12. Чемерис І. А. Характеристика фотосинтетичної функції сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах аеротехногенного навантаження (на прикладі Черкаської промислової агломерації) // Екологія та ноосферологія. 2007. Т. 18. № 1–2. С. 28–35.

Стаття: надійшла до редакції 20.09.13

доопрацьована 03.01.14

прийнята до друку 29.01.14

THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC POLLUTION ON THE PLASTID PIGMENTS CONTENT OF SMALL-LEAVED LINDEN LEAVES (*TILIA CORDATA* L.)

N. Glibovytska

*Vasyl Stefanik Precarpathian National University
201, Galytska St., Ivano-Frankivsk 76008, Ukraine
e-mail: nataly.glibovytska@gmail.com*

The peculiarities of changes of plastid pigment content in *Tilia cordata* L. leaf plates in different conditions of anthropogenic impact were investigated. The relation between the concentration of photosynthetic pigments in small-leaved linden leaves and their morphometric parameters was detected. The effect of heavy metals on the type's assimilation system state was established. The perspective of *Tilia cordata* L. as a bioindicator in monitoring studies to assess the state of the environment under urbotechnogenic pressure was grounded.

Keywords: *Tilia cordata* L., plastid pigments, morphometric parameters, heavy metals, anthropogenic pollution.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ПЛАСТИДНЫХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЯХ ЛИПЫ СЕРДЦЕЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* L.)

Н. Глибовицька

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
ул. Галицька, 201, Івано-Франківськ 76008, Україна
e-mail: nataly.glibovytska@gmail.com*

Исследованы особенности изменений содержания пластидных пигментов в листовых пластинках *Tilia cordata* L. в различных условиях антропогенной нагрузки. Выявлена связь между концентрацией фотосинтетических пигментов листьев липы сердцелистной и их морфометрическими параметрами. Установлено влияние тяжелых металлов на состояние ассимиляционного аппарата вида. Обоснована перспективность использования *Tilia cordata* L. как биоиндикатора в мониторинговых исследованиях для оценки состояния окружающей среды в условиях урботехногенного прессинга.

Ключевые слова: *Tilia cordata* L., пластидные пигменты, морфометрические параметры, тяжелые металлы, антропогенное загрязнение.