

ФІТОІНДИКАЦІЯ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА ЗА ЗМІНОЮ МОРФОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ *TILIA CORDATA* L.

Н.І. Глібовицька

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
кафедра біології та екології, e-mail: nataly.glibovytska@gmail.com*

Досліджено екоморфологічні особливості *Tilia cordata* L. в умовах урбанізованого середовища. Виявлено вплив урботехногенних емісій на морфометричні показники вегетативних і генеративних органів і санітарний стан *Tilia cordata* L. у локальних різнофункціональних екотопах міста Івано-Франківська. Показано можливість використання морфологічних змін липи дрібнолистої як фітоіндикаційних маркерів урботехногенного забруднення.

Ключові слова: морфометричні параметри, некроз, дефоліація, дехромація, техногенне забруднення, *Tilia cordata* L., фітоіндикація.

Glibovytska N.I. Phytoindication of Ivano-Frankivsk for changes of *Tilia cordata* L. morphological parameters. *The ecomorphological features of *Tilia cordata* L. under conditions of urban environment were investigated. The influence of anthropogenic emissions on the morphometric parameters of vegetative and generative organs and sanitary condition of *Tilia cordata* L. in local different functional ecotypes of Ivano-Frankivsk was detected. The possibility of using of small-leaved linden morphological changes as phytoindication markers of urbotechnogenic pollution was shown.*

Key words: morphometric parameters, necrosis, defoliation, dechromation, man-made pollution, *Tilia cordata* L., phytoindication.

Вступ

Багаторічні зелені насадження виконують винятково важливу роль у міському середовищі, що зумовлено можливістю їх використання як природних осаджувачів і поглиначів урбопромислових забруднювачів [5; 12; 13], а також як чутливих індикаторів [2; 5 – 7; 9; 14 – 18]. Будучи первинними реципієнтами комплексного урбогенного впливу, рослини набувають низки адаптивних і деструктивних змін, за характером і ступенем прояву яких можна оцінити рівень антропогенної трансформації середовища [1; 2; 8; 10; 11; 14 – 20].

Дослідження морфологічних параметрів асиміляційних і генеративних органів рослин, які визначають їх газопоглинальну, пилоосаджувальну й біоіндикаційну здатність та екологічну стійкість, є передумовою створення високо-ефективних фітосанітарних систем зелених насаджень у містах і покладено в основу методу морфометричної індикації [2; 5; 15 – 19]. Даний метод дозволяє проводити доволі точну неспецифічну оцінку якості довкілля урбопромислових комплексів із використанням морфометричних показників. Найбільш інформативними індикаторами є домінуючі деревні рослини, які безпосередньо входять у комплекси озеленення міських кварталів, доріг, промислових площадок підприємств [17; 12; 13].

В Івано-Франківську у зазначеному аспекті перспективними є види роду *Tilia* L., зокрема *Tilia cordata* L., які широко використовуються в озелененні міста [4].

Метою роботи було оцінити морфологічні зміни *Tilia cordata* L. в умовах локальних різнофункціональних екотопів міста Івано-Франківська та з'ясувати індикаційну перспективність досліджених параметрів для оцінки рівня антропопресії урбанізованих і техногенно змінених екосистем.

Матеріали і методи

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

За принципом ландшафтно-функціонального зонування території [4; 17] для досліджуваної території розроблено моніторингову мережу, згідно якої виділено 24 дослідні ділянки, які належать до зони комплексного озеленення, промислових комплексів, транспортних шляхів міста та житлової забудови. Контрольними слугували рослини, які зростали на умовно екологічно чистій не урбанізованій території – с. Дем'янів Лаз.

Об'єкт дослідження — екологічний стан ландшафтно-функціональних районів урбоекосистеми Івано-Франківська; матеріал – листя, плоди, крилатки і характеристики крони *T. cordata* L. зелених насаджень міста. Аналізували лінійні параметри, площу, рівень і тип некротизації (дехромації) листків; лінійні розміри крилаток і плодів, рівень дефоліації, дехромації крони дерев.

Усі показники визначали на момент завершення повного розвитку асиміляційної системи (серпень-вересень). Відбір зразків рослинного матеріалу здійснювали з гілок одного порядку галузження, розташованих на висоті 1 – 2 м. над поверхнею ґрунту з підв'язаного боку дерева за загальноприйнятою методикою [18].

Визначення площі листкових пластинок здійснювали ваговим методом Л.В. Дорогана у модифікації С.С. Руденко [18]. Рівень дефоліації, дехромацію та відмирання гілок визначали відповідно до апробованих методик [3; 4]. Наявність некротичних ушкоджень листків установлювали візуально. Класифікацію виявлених уражень листка проводили з використанням схеми, запропонованої Р. Шубертом [2]. Ступінь ушкоджень листкових пластинок рослин-індикаторів здійснювали за 5-ти бальною бонітуральною шкалою [20]. На одну дослідну ділянку виконували по 50 вимірів кожного параметра, при цьому аналізували 3-5 дерев виду [17].

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.

Результати та обговорення

Результатами морфометричного аналізу встановлено, що в умовах різнофункціональних локальних екотопів Івано-Франківська вегетативні й генеративні органи *T. cordata* набувають ксероморфних властивостей й ознак токсичного й механічного ушкодження. Це, зокрема, проявляється достовірним зниженням досліджених фоліарних морфологічних показників: середньої довжини, ширини і площі листкових пластинок (табл. 1). Ступінь прояву мікрофолії варіює залежно від типу локального екотопу.

Таблиця 1. Морфометричні параметри листків *T. cordata* різних ландшафтно-функціональних зон урбоекосистеми Івано-Франківська

№	Досліджувана зона	Середня довжина листка, см.	Середня ширина листка, см.	Площа листка, см ²
1	Фонова територія	8,2±0,10	7,7±0,21	43,30±2,15
2	Зона промислових комплексів	6,2±0,26 ^с	6,1±0,27 ^с	25,55±2,23 ^а
3	Зона житлової забудови	6,5±0,24 ^с	6,0±0,12 ^с	26,34±1,40 ^с
4	Зона транспортних шляхів міста	6,3±0,25 ^с	5,7±0,08 ^с	24,68±1,29 ^с
5	Зона комплексного озеленення	7,4±0,08 ^с	6,5±0,38	32,64±2,01 ^с

Примітка. Тут і подалі: вірогідні зміни досліджуваних показників порівняно з фоновим значенням: а - $P < 0,05$, б - $P < 0,025$, в - $P < 0,01$, г - $P < 0,005$, д - $P < 0,001$

Середня площа листка у промисловому, придорожньому і селітебному екотопах урбоекосистеми є нижчою фонового значення у 1,6 – 1,8 рази і сягає мінімуму у зоні впливу промислових комплексів – 25,55±2,23 см². У зоні комплексного озеленення міста площа листків хоча й достовірно відрізняється від контролю, проте є найбільшою серед міських популяцій. Лінійні параметри листків – більш стабільні і у різнофункціональних ландшафтних зонах є нижчими від контролю у 1,2 – 1,4 рази.

Зменшення морфометричних параметрів листків *T. cordata* в умовах урбоекосистеми можна розглядати як неспецифічну адаптивну реакцію рослин, направлену на зменшення площі контакту із забрудненим середовищем, оптимізацію водного режиму, а також на зниження витрат речовинно-енергетичних ресурсів на перебудову захисних механізмів [11; 12; 14; 16]. Чутливість й простота аналізу фоліарних морфометричних показників липи свідчить про перспективність їх застосування у практиці біоіндикаційних досліджень [2; 15; 17].

Поряд зі зниженням розмірів листкових пластинок липи дрібнолистої зелених Івано-Франківська відбувається зростання дехромаційних і некротичних ушкоджень листків, а також зміна їх характеру і кількісного співвідношення (табл. 2). Такі порушення зумовлюють передчасну дефоліацію і є важливими симптомами пошкоджень, що використовуються при фітоіндикації [18; 20].

Точкові некрози листків *T. cordata* переважають на фонівій території та у зоні комплексного озеленення міста, де становить 60,0 і 29,4%, відповідно. Краєвий тип некрозів домінує в зонах житлової забудови та транспортних шляхів міста, де становить 36,1 та 28,4%, відповідно. Міжжилковий тип некрозу переважає в зоні промислових комплексів, де становить 31,3%. Некроз листя за типом «риб'ячий скелет» є найменш поширеним в урбоекосистемі і сягає максимуму (19,5% від усіх виявлених) в промисловій зоні міста.

Таблиця 2. Узагальнені результати типів та ступенів некрозу в межах досліджуваних зон м. Івано-Франківська

№	Досліджувана зона	Тип некрозу*				Ступінь некротизації (за п'ятибальною шкалою)
		точковий, %	краєвий, %	міжжилковий, %	«риб'ячий скелет», %	
1	Фонові територія	60	2	34	4	1,0
2	Зона промислових комплексів	30,5	18,67	31,3	19,5	3,0
3	Зона житлової забудови	20,5	36,1	24,1	18,4	2,5
4	Зона транспортних шляхів міста	28,2	28,4	23,4	18,8	3,0
5	Зона комплексного озеленення	29,4	28,2	29	13,4	2,0

Примітка: * - частка некрозів кожного типу від усієї некротизованої поверхні листка.

Рівень загальної некротизації листя зменшується у послідовному ряді досліджених локальних екотопів урбоєкосистеми: фонові територія (1,0 б.) → зона комплексного озеленення (2,0 б.) → зона житлової забудови (2,5 б.) → зона транспортних шляхів = промислова зона (3,0 б.)

Такі ушкодження виникають унаслідок глибоких незворотних змін у листовій пластинці через зосередження поглинутих з атмосферного повітря полутантів на окремих її ділянках. Топографія розподілу фітотоксикантів у межах асиміляційних органів деревних рослин залежить від складу промислових емісій, концентрацій їх окремих інгредієнтів, швидкості надходження до листка та переміщення по судинах [10; 14].

Результати дослідження вказують також на зміну лінійних розмірів плодів і крилаток липи, пропорційно рівню урбогенного навантаження на екотопи (табл. 3).

Таблиця 3. Лінійні морфометричні параметри плодів і крилаток липи дрібнолистої у різнофункціональних зонах м. Івано-Франківська

№	Досліджувана зона	Середні лінійні розміри крилатки*, см.	Індекс форми крилатки	Середні лінійні розміри плода*, см.	Індекс форми плода
1	Фонові територія	$8,01 \pm 0,16$ $1,08 \pm 0,02$	7,42	$0,76 \pm 0,01$ $0,71 \pm 0,02$	1,07
2	Зона промислових комплексів	$6,07 \pm 0,77^o$ $1,22 \pm 0,16^o$	4,98	$0,61 \pm 0,03^o$ $0,60 \pm 0,03^o$	1,02
3	Зона житлової забудови	$6,25 \pm 0,58^o$ $1,34 \pm 0,19^o$	4,66	$0,65 \pm 0,01^o$ $0,65 \pm 0,01^o$	1,00
4	Зона транспортних шляхів міста	$6,16 \pm 0,61^o$ $1,28 \pm 0,26^c$	4,81	$0,60 \pm 0,03^o$ $0,59 \pm 0,03^o$	1,10
5	Зона комплексного озеленення	$7,22 \pm 0,68^e$ $1,36 \pm 0,21^o$	5,31	$0,70 \pm 0,02^o$ $0,68 \pm 0,02^o$	1,03

* - у чисельнику вказано довжину крилатки і плода, відповідно; у знаменнику – ширину.

В умовах урбоєкосистеми спостерігається статистично достовірне ($P \geq 0,01$) зменшення довжини крилаток від 10% у зоні комплексного озеленення до 25 % у промислових і придорожніх екотопах, порівняно з фонові територією ($8,01 \pm 0,16$ см.). При цьому ширина крилаток липи в аналогічних екотопах є більшою середнього фонові значення ($1,08 \pm 0,02$ см.) на 10 – 20%. Як наслідок, відбувається зміна розмірних пропорцій крилаток, на що вказує достовірне зменшення індексу форми у ряді досліджених екотопів: фонові територія (7,42) → зона комплексного озеленення (5,31) → промислова зона (4,98) → зона транспортних шляхів (4,81) → зона житлової забудови (4,66).

Морфометричні параметри плода липи є достовірно нижчими в умовах урбоєкосистеми. При цьому розмірні пропорції не зазнають суттєвих змін на більшості досліджених екотопів: індекс форми достовірно відрізняється від фонові значення (1,07) тільки у промисловій і транспортній зонах, і складає, відповідно, 1,18 та 1,20.

За дії урбогенного навантаження Івано-Франківська встановлено погіршення санітарного стану насаджень липи дрібнолистої, на що вказує зростання рівня дефоліації, дехромації та частки відмерлих гілок (табл. 4)

Таблиця 4. Санітарний стан липи дрібнолистої у локальних різнофункціональних екотопах Івано-Франківська

№	Досліджувана зона	Рівень дефоліації крони, %		Рівень дехромації крони, %	Пошкодження крони, %
		вершинної	загальної		
1	Фонові територія	10,0	16,0	17,4	15,0
2	Зона промислових комплексів	25,9	29,6	21,0	25,0
3	Зона житлової забудови	26,6	31,0	21,1	18,4
4	Зона транспортних шляхів міста	24,7	24,8	22,5	20,6
5	Зона комплексного озеленення	26,2	29,3	17,5	19,4

На фоновій території значення вершинної та загальної дефоліації не перевищують 10 і 16%, відповідно; рівень дехромації складає 17,4%, а пошкодження крони – 15%. У різнофункціональних екотопах міста рівень дефоліації крони (вершинної і загальної) є достовірно вищим у 2,5 – 3 рази. Рівень дехромації у місті флукує у межах від 17,5 у зоні комплексного озеленення до 22,5% у придорожніх екотопах. Аналогічною є тенденція зміни рівня пошкодження крони. Максимальне значення показника констатоване у промисловій зоні урбоекосистеми (25,0), а мінімальне – у зоні комплексного озеленення (19,4%).

Висновки

Липа дрібнолиста чутливо реагує на посилення урбогенного навантаження зміною низки морфометричних параметрів і може бути рекомендована як вид-індикатор при здійсненні біомоніторингу міських територій.

В умові урбоекосистеми Івано-Франківська липа дрібнолиста проявляє ознаки мікрофолії, на що вказує зменшення лінійних розмірів і площі листків (відповідно, у 1,8 та 1,4 рази у найбільш екологонапруженій зоні). Поряд з цим відбувається зростання їх некротичного ураження. Загальною тенденцією є зростання краєвих некрозів і типу «риб'ячий скелет» на фоні зниження точкових і міжжилкових.

Для особин *T. cordata* штучних фітоценозів міста характерне зменшення розмірів і зміна форми крилаток і плодів. Індекс форми крилаток у різнофункціональних екотопах флукує від 5,31 у зоні комплексного озеленення до 4,66 у селітебній зоні міста при фоновому значенні 7,42 і є більш інформативною біоіндикаційною характеристикою, порівняно з параметрами плода.

Погіршення санітарного стану липи за дії урбогенного навантаження проявляється зростанням рівня дефоліації (у 2,5 – 3 рази), дехромації (у 1,3 рази) та ушкодження крони (у 1,2 – 1,7 рази)

Максимальною біоіндикаційною інформативністю серед аналізованих показників відрізняються: площа і рівень некротизації листків, розмірні пропорції крилаток, рівень дефоліації і ушкодження крони. Характер і ступінь зміни усіх аналізованих морфометричних показників липи вказує на посилення комплексного урбогенного градієнту в Івано-Франківську в наступному ряді досліджених екотопів: зона комплексного озеленення → зона житлової забудови → промислова зона → зона транспортних шляхів.

Перспективою продовження досліджень є дендоіндикація урбоекосистеми Івано-Франківська за комплексом життєвих показників деревних рослин на різних рівнях їх організації.

Література

1. Алексеева А. А. Біолого-екологічні особливості представників роду *Tilia* L. в умовах степового Придніпров'я / А. А. Алексеева, О. М. Вінниченко // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». – Дніпропетровськ, 2012. – Т.14. – С. 322 – 325.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем [пер. с нем.; ред. Р. Шуберт]. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
3. Вивчити вплив антропогенних факторів на ріст зелених насаджень міста Івано-Франківська і розробити рекомендації по підвищенню стійкості існуючих та створенню нових насаджень / Звіт з НДР (заключний). Тема № 1/95 (ГД). Затверджено: директор УкрНДДГірліс, д. б. н. В.І. Парпан. – Івано-Франківськ, 1995. – 140 с.
4. Букиша І.Ф. Методичні рекомендації щодо забезпечення якості та контролю інформації з моніторингу лісів І рівня / І. Ф. Букиша, В. П. Пастернак // Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДЛГА). – Харків, 2011. – 17 с.

5. Ганжа Д. Д. Індикаційно-діагностична оцінка поверхневого забруднення суходільних біогеоценозів (на прикладі Запорізької, Івано-Франківської областей та зони відчуження Чорнобильської АЕС) / Д.Д. Ганжа: автореф. дис.. на здобуття наук. ступеня канд. біологічних наук. Спец. «Екологія». — Дніпропетровськ, 2009. — 20 с.
6. Глухов О. З. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно-трансформованому середовищі / О. З. Глухов, А. І. Сафонов, Н. А. Хижняк // Донецький ботанічний сад НАН України. — Донецьк : Норд-Пресс, 2006. — 358 с.
7. Гриб Й. В. Екологічна оцінка стану навколишнього середовища методами фітоіндикації / Й. В. Гриб, І. А. Чемерис // Вісник національного університету водного господарства та природокористування. — В. 1 (29). — Рівне: НУВГП, 2005. — С. 3–11.
8. Грицай З. В. Насіннева продуктивність деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства / З. В. Грицай, О. Г. Денисенко // Вісник Дніпропетровського університету. Екологія. — 2011. — С. 1–5.
9. Дідух Я. П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта // АН України; Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного. — К. : Наук. думка, 1994. — 280 с.
10. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения / Г. М. Илькун — К. : Наукова думка, 1978. — 274 с.
11. Крайнова А. О. Морфо-анатомічні особливості рослин в умовах промислового забруднення середовища / А. О. Крайнова, Т. М. Пересипкіна // Український ботанічний журнал. — 1995. — Т. 52, № 5. — С. 659 - 664.
12. Кучерявий В. А. Урбоэкологические основы фитомелиорации / В. А. Кучерявий. — Ч.1. Урбоэкология. М. : НТ Информация, 1991 а. — 357 с.
13. Кучерявий В. А. Урбоэкологические основы фитомелиорации / В. А. Кучерявий. — Ч.2. Урбоэкология. М. : НТ Информация, 1991 б. — 288 с.
14. Миленька М. М. Вплив урбопромислового забруднення на фоліарні морфометричні показники деревних рослин / М. М. Миленька // Наук. зап. Тернопільського нац. педагогічного ун-ту. — 2009. — № 4 (41). — С. 155 – 162.
15. Морозова Т. В. Рівнорівнева біоіндикаційна оцінка екологічного стану слабко урбанізованих селітебних територій Чернівецької області / Морозова Т. В. : автореф. дис.. на здобуття наук. ступеня канд. біологічних наук : спец. 03.00.16. «Екологія». — Чернівці, 2005. — 22 с.
16. Ольхович О. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг: Метод. рек. / О. П. Ольхович, М. М. Мусяк // Київський національний університет ім. Тараса Шевченка. — К. : Фітосоціоцентр, 2005. — 64 с.
17. Парпан В. І. Методологічні аспекти оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно змінених територій / В. І. Парпан, М. М. Миленька // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. — 2010. — Вип. 18, т. 2. — С. 61–68.
18. Руденко С. С. Загальна екологія. Практичний курс: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. Ч.2. Природні наземні екосистеми // С. С. Руденко, С. С. Костишин, Т. В. Морозова — Чернівці, 2008. — 320 с.
19. Тарабрин В. П. Устойчивость древесных растений в условиях промышленного загрязнения окружающей среды : автореф. дисс. доктора биол. наук : спец. 03.00.12 «Физиология растений» / В. П. Тарабрин. — К., 1974. — 54 с.
20. Schubert R. Ausgewählte pflanzliche Bioindikatoren zur Erfassung ökologischer Veränderungen in terrestrischen Ökosystemen durch antropogene Beeinflussung unter besonderer Berücksichtigung industrieller Ballungsgebiete / R. Schubert // Hercynia N. F. — 1977. — № 14. — S. 399 – 412.

Стаття поступила до редакції 01.11.2012 р.; прийнята до друку 10.11.2012 р.