

ЕКОЛОГІЯ ФІТОСФЕРИ

УДК 504.122:582.685.4

Н. І. Глібовицька, І. В. Бойчук

*Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу*

БУФЕРНА СТІЙКІСТЬ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ УРБОЕКосИСТЕМ

Досліджено вплив додаткового стресового фактора – «кислотного дощу» на стан буферної системи листків домінуючих деревних рослин міського середовища. Відповідно до посилення рівня антропогенного тиску на рослини спостерігається зниження буферної потенції та стійкості внутрішнього середовища асиміляційних органів, зростання показника зміщення кислотності протопласту у наступному ряді функціональних зон: фонові територія → зона комплексного озеленення → зона житлової забудови → зона транспортних шляхів.

Максимальною біоіндикаційною придатністю володіє верба повисла, що пов'язано зі значною чутливістю виду до умов зростання та низькою екологічною пластичністю. Найвища стабільність буферної системи характерна для гіркокаштана звичайного, що свідчить про пристосувальну здатність виду. Проміжне положення займає клен гостролистий, який належить до середньої категорії стійкості буферної системи листків.

Запропоновано заходи захисту деревних насаджень урбанізованих територій.

Ключові слова: захист деревних насаджень, кислотний дощ, буферна стійкість, адаптація, урбанізоване середовище, антропогенне навантаження.

The influence of an additional stress factor – "acid rain" on the state of the protoplast's buffer system of the dominant tree plants in the urban environment - is studied. In accordance with the increase of the anthropogenic pressure level on plants, there is a decrease in buffer potency and stability of the assimilation organs' internal environment, an increase in the index of acidity displacement of the protoplast in the following row of functional zones: background zone → complex greening zone → housing development zone → transport routes zone.

Salix babylonica L. has the maximum bioindicative suitability due to the high sensitivity of the species to the growth and low ecological plasticity conditions. The highest stability of the buffer system is typical for *Aesculus hippocastanum* L., which indicates the adaptive ability of the species. The intermediate position belongs to *Acer platanoides* L., which is related to the average stability category of the protoplast leaves buffer system.

The measures of woody plantations' protection of urbanized territories are offered.

Key words: woody plants' protection, acid rain, buffer stability, adaptation, urbanized environment, anthropogenic loading.

Постановка проблеми. Деревні рослини, що використовуються в зелених насадженнях урбанізованих територій, служать біоіндикаторами екологічного стану. Водночас, перебуваючи в умовах тривалої експозиції, вони відчувають вплив комплексу факторів урбосередовища та реагують на нього низькою пристосувальних або деструктивних змін, ступінь прояву яких залежить від величини антропогенного впливу. Одним з найбільш чутливих до антропогенних та природних змін доквілля є листок, який швидше, ніж інші органи, реагує на комплекс впливів навколишнього середовища. Дослідження буферного потенціалу листків деревних порід в умовах міського середовища

є інформативним показником фітомеліоративної функції, стійкості та придатності рослин для озеленення тих чи інших екотопів, а також основою для підбору заходів по догляду за деревами [2, 4, 22].

Аналіз досліджень і публікацій. Ефективність виконання очищувальних функцій рослинами залежить від рівня їх життєздатності, тобто здатності підтримувати основні метаболічні процеси в конкретних умовах росту [17, 20]. Найбільш інформативними індикаторами адаптивної потенції рослин є фізіологічні та біохімічні властивості [7, 9, 16]. Кожен вид відзначається власною генетично успадкованою нормою реакції, можливостями і глибиною адаптаційних змін.

Стійкість або життєвість рослин може бути визначена величиною буферної ємності внутрішнього середовища органів асиміляції, з використанням тесту з впливом кислотного дощу на протопласт клітин листків [3, 15].

В даний час аспекти виникнення та впливу кислотних дощів на різні компоненти екосистем є актуальними питаннями та завданнями екологічного дослідження, а також однією з глобальних екологічних проблем.

Ступінь внутрішніх змін і пошкодження листка визначається специфікою роду рослин для підтримання кислотно-лужного балансу протопластів на тлі надходження антропогенних забруднень у організм [5]. Відхилення параметру кислотності від оптимального має негативний вплив на метаболічні процеси, зокрема на функціонування білків та ферментів [6].

Одними з домінуючих видів дерев, поширених у міських екосистемах, є гірकोкаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) та верба повисла (*Salix babylonica* L.) [18, 19], що і обумовило вибір нами об'єктів дослідження.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Дослідження критеріїв стійкості рослин в умовах урбосередовища проводилося вченими щодо трав'янистих рослин, зокрема значна роль відведена морфологічній фітоіндикації. Вивчення рівня стабільності буферної системи внутрішнього середовища асиміляційних органів рослин проводилося фрагментарно у природних лісових екосистемах.

В умовах урбосередовища нами досліджено буферну ємність липи серцелистої, що послужило надійним критерієм виживання виду в конкретних умовах росту. Тому аналіз буферного потенціалу домінуючих деревних рослин міських екосистем підходить для виявлення резистентних та чутливих видів, які можуть бути використані як ефективні фітореєданти та фітоіндикатори стану довкілля. Нами проаналізована доцільність проведення фітозахисних процедур для кожного виду дерева з врахуванням його екологічних та фізіологічних особливостей.

Постановка завдання. Метою роботи є вивчення впливу комплексу факторів урбогенного середовища на життєвість рослин за рівнем стабільності буферної системи листків і виявлення перспективних дерев у міському озелененні, а також підбір найбільш ефективних методів захисту деревних рослин.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводилося в Івано-Франківській урбоекосистемі, яка розташована в розширеній частині басейну річки Бистриця на межі західно-лісостепової зони та Прикарпаття. Відповідно до принципу функціонального зонування території була розроблена мережа моніторингу для міської екосистеми, яка була розділена на зону транспортних шляхів, зону житлового масиву та зону комплексного озеленення. У якості фонової, обрано екологічно чисту територію, розташовану за межами міста.

Відбір рослинного матеріалу здійснювався з гілок одного порядку галушення нижньої частини крони під час активного розвитку системи асиміляції (червень) [10]. У межах функціональної зони відбирали листки з 5–8 особин кожного дослідного виду та в подальшому формували змішану пробу. Кислотність протопластів листя до і після

штучного підкислення досліджувалась на рН-метрі за загальноприйнятим методом [13]. Повторення експериментів чотириразове.

У міських умовах спостерігається збільшення значення рН протопласту всіх видів дерев у наступному ряді функціональних зон: зона комплексного озеленення → зона житлової забудови → зона транспортних шляхів, порівняно з фоновою зоною (Табл. 1–3).

Таблиця 1

Параметри стану буферної системи листя *Aesculus hippocastanum* L. в умовах міста Івано-Франківська

Функціональна зона	рН початкове	Δ рН	рН'/рН,%
Фонова територія	5,57±0,01	3,59±0,04	35,55
Зона комплексного озеленення	5,64±0,03	3,77±0,03	33,16
Зона житлової забудови	5,92±0,02*	4,15±0,04*	30,00
Зона транспортних шляхів	6,62±0,03*	4,59±0,02*	30,66

*Примітка: відмінності з контролем надійні при $P \leq 0,05$.

Сполуки важких металів впливають на внутрішнє середовище клітин рослинних організмів, призводять до зниження рівня природної кислотності протопласту [21]. Максимальне підлугування протопласту деревних рослин зафіксоване в зоні транспортних шляхів, що пояснюється найвищим рівнем забруднення навколишнього середовища важкими металами.

Пропорційно до рівня антропогенного навантаження спостерігається збільшення показника зміщення кислотності протопластів листків у всіх функціональних зонах урбокосистеми відносно фонової території. У *Aesculus hippocastanum* L. та *Acer platanoides* L. спостерігається значне збільшення цього параметру в житлових та транспортних зонах міста, у *Salix babylonica* L. – також у зоні комплексного озеленення.

Для того, щоб оцінити стабільність буферної системи листя деревних рослин, ми використовували співвідношення кислотності кінцевого до початкового рН протопласту після штучного підкислення (рН), що характеризує рівень стійкості рослини до підкислення ззовні. Не спостерігаються суттєві зміни стабільності буферної системи листя *Aesculus hippocastanum* L. після штучного підкислення в функціональних зонах міста відносно фонової зони. Це вказує на відносну стійкість виду та її адаптивну здатність до впливу складних стресових факторів навколишнього середовища.

Встановлено зниження буферної резистентності протопластів *Acer platanoides* L. в зоні житлової забудови та транспортних шляхів (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри стану буферної системи листя *Acer platanoides* L. в умовах міста Івано-Франківська

Функціональна зона	рН початкове	Δ рН	рН'/рН,%
Фонова територія	5,24±0,03	3,38±0,02	35,50
Зона комплексного озеленення	5,31±0,04	3,45±0,02	35,03
Зона житлової забудови	5,37±0,02*	4,00±0,04*	25,51*
Зона транспортних шляхів	6,63±0,02*	4,50±0,04*	32,13*

*Примітка: відмінності з контролем надійні при $P \leq 0,05$.

Мінімальна стійкість внутрішнього середовища листя спостерігається в зоні житлової забудови міста, що може бути пов'язане з індивідуальними особливостями виду

вибірково засвоювати важкі метали, які мають різні ступені токсичного впливу на організм рослин.

Буферна система листя *Aesculus hippocastanum* L. в місті нестабільна, що свідчить про значне зменшення можливості протидії підкисленню ззовні у всіх функціональних зонах урбоекосистеми (табл. 3). Цей вид чутливо реагує на додатковий фактор стресу в міських умовах, який можна використовувати в фітодинамічних дослідженнях населених пунктів.

Кислотний дощ негативно впливає на стан досліджуваних деревних рослин, що виростають у міських екосистемах, що виявляється, перш за все, у порушенні стану клітинної буферності та зниженні здатності рослин протидіяти впливам навколишнього середовища.

В умовах Івано-Франківська найвища стійкість буферної системи відзначена в *Salix babylonica* L., що вказує на його перспективу як фіторемедіанта урбанізованого середовища.

Таблиця 3

Параметри стану буферної системи листя *Salix babylonica* L. в умовах міста Івано-Франківська

Функціональна зона	pH початкове	Δ pH	pH'/pH,%
Фонова територія	5,38±0,02	3,12±0,03	42,01
Зона комплексного озеленення	5,59±0,04*	3,62±0,04*	35,24*
Зона житлової забудови	5,63±0,06*	3,81±0,05*	32,33*
Зона транспортних шляхів	5,90±0,04*	4,05±0,03*	23,73*

*Примітка: відмінності з контролем надійні при $P \leq 0,05$.

Aesculus hippocastanum L. має найвищу біоіндикативну здатність, що вказує на чутливість виду до забруднення навколишнього середовища та низьку адаптаційну здатність. Стабільність буферної системи виду зменшується пропорційно до градієнта урбогенного навантаження в функціональних зонах міста.

Acer platanoides L. є проміжним між досліджуваними видами, що вказує на середню стійкість і здатність адаптуватися до стресових умов навколишнього середовища.

Зона транспортних шляхів має максимальне антропогенне навантаження, призводить до забруднення навколишнього середовища не тільки важкими металами, але й оксидами сульфуру та нітрогену, що потрапляють в навколишнє середовище в результаті спалювання палива, що перетворюється в кислотні дощі, взаємодіючи з атмосферною вологою. Це призводить до зменшення буферної сили листя деревних рослин, які постійно перебувають під впливом екологічних небезпек.

З огляду на отримані результати стійкості внутрішнього середовища листків рослин, можна впроваджувати у озеленення усіх функціональних зон населених територій вербу повислу, клен гостролистий – у формування благоустрою житлових зон, а гірकोкаштан звичайний використовувати у паркових та інших рекреаційних насадженнях. Таким чином деревні породи максимально ефективно виконуватимуть середовищевірну функцію.

З метою підвищення фітомеліоративної ефективності та екологічної стійкості зелених насаджень у містах доцільно рекомендувати проводити санітарну обрізку крони дерев з метою зменшення відстані між кореневою системою і асиміляційним апаратом, а також для видалення старих, сухих, пошкоджених і відмираючих скелетних гілок. Цей агротехнічний прийом особливо важливий для міських насаджень, несприятливі умови зростання яких суттєво скорочують життя рослин [12].

Інший вид обрізки деревних рослин – формувальна – проводиться для того, щоб зберегти природну або штучну форму дерева. Але обрізаються тільки молоді річні пагони

дерев. Такий вид обрізки актуальний для усіх дослідних деревних рослин та сприяє підтримці естетичних і декоративних властивостей дендрооб'єктів.

Омолоджувальна обрізка деревних рослин теж останнім часом широко використовується у містах, як один із заходів догляду за ними. Сильна обрізка сприяє поліпшенню поживного режиму пагонів і розвитку провентивних бруньок, тобто омолодженню рослини [1].

Омолодження характеризується інтенсифікацією синтезу білків і нуклеїнових кислот, активацією росту і клітинних поділів, накопиченням ембріональних тканин і загальним посиленням фізіологічних функцій [8]. Однак не усі деревні породи стійкі до омолоджувальної обрізки крони, тому доцільно рекомендувати проводити цю агротехнічну процедуру для особин верби повислої, яка добре пристосована до швидкого відновлення крони. Обрізку крони проводять до початку вегетації в кінці лютого-квітні або наприкінці вегетації, коли рослина перебуває у стані фізіологічного спокою.

З метою швидкого відновлення асиміляційної системи рослини після обрізки необхідно своєчасне внесення добрив у ґрунт, що здійснюється на основі агрохімічного аналізу ґрунту. Водні розчини мінеральних добрив готують з врахуванням елементів, кількість яких недостатня для повноцінного росту і розвитку дерева [11].

Наступним важливим етапом захисту зелених насаджень є побілка дерев, що захищає рослини від паразитів, моху, лишайників та чорного раку, від якого щорічно гине до 10% молодих насаджень, негативного впливу перепадів добової температури, сонячних опіків кори та асиміляційних органів, має дезінфікуючі властивості. Побілку необхідно проводити в осінній період після опадання листя з дерев, але перед настанням перших затяжних приморозків [8, 14].

Захист зелених насаджень містить наступні заходи: обробку механічних пошкоджень деревини і кори, зрошування крони, поливання ґрунту, внесення добрив, розпушування ґрунту.

В умовах урбанізованих екосистем поливання є однією з основних умов нормального росту і розвитку рослин. Метою цієї процедури є забезпечення постійної оптимальної вологості поверхневого шару ґрунту до глибини 60–70 см. Ця агротехнічна процедура є найбільш доречною в період активного вегетаційного розвитку рослини, коли виникає потреба в достатній для інтенсивних біосинтетичних процесів рослини кількості води. Необхідно проводити поливання через кожні 7–10 днів.

Зрошування крони листяних порід проводиться не рідше 4–5 разів за вегетаційний період з метою очищення листкових пластинок від пилу та осілих токсичних, забруднюючих речовин. Товстий шар пилу, що накопичується на листках у випадку тривалої відсутності дощу призводить до появи некротичних пошкоджень, закупорювання продихів, пригнічення фотосинтетичної та фітомеліоративної здатності, сповільнення обміну речовин. Особливо зростає необхідність здійснювати зрошування крони дерев у спекотний літній період, коли рівень доступної вологи для рослин зменшується у зв'язку з погодними умовами [12]. Гірकोкаштан звичайний є найменш посухостійким видом серед досліджених, оскільки листя рослини уже в середині вегетаційного періоду характеризується появою некротичних ушкоджень, відмиранням асиміляційних органів, зниженням фотосинтезу. Тому дані фітотехнічні процедури особливо доцільні для продовження життя представників виду в умовах урбосередовища.

Для ефективного підживлення дерев, активізації росту кореневої системи, покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту та запобігання його ущільненню проводять дренажування пристовбурних лунок. Найкращий для цього період – осінь, коли завершується вегетація рослин і вони готуються до переходу в стан фізіологічного спокою. Дренажування ґрунту проводять наступним чином: навколо стовбура бурять 5–8 свердловин діаметром 7–12 см глибиною до 80 см, які заповнюються компостом або деревною тирсою в суміші з торфом і мінеральними добривами [11, 14].

Взимку для боротьби з ожеледицею на дорогах використовують кухонну сіль, яка після танення снігу потрапляє у ґрунт, водою і призводить до водного дефіциту рослин, що спричиняє передчасне старіння і їх загибель. Для видалення солей, що містять токсичні іони хлору з ґрунту, рекомендується його промивати з періодичністю у два-три роки [12].

У випадку механічного пошкодження деревини стовбура значно підвищується ймовірність ураження дерева цвілевими грибами і бактеріями, що призводить до появи порожнин – дупел. Для збереження таких дерев необхідний своєчасний догляд за ними.

При механічних ураженнях необхідно зачистити ножом відмерлі тканини дерева до здорового місця, продезінфікувати 5%-ним розчином залізного або мідного купоросу та зацементувати садовою маззю. З метою швидкого загоювання ран рослин доцільно використовувати мазі, які містять гетероауксин в концентрації 0,01–0,025%. Після затвердіння поверхню оброблених тканин потрібно покрити масляною фарбою під колір кори дерева [8].

Висновки. Таким чином, найперспективнішим видом у озелененні урбоєкосистем є верба повисла, найчутливішим фітоіндикатором якості довкілля є гіркокаштан звичайний. Відповідно до показника буферної стійкості та адаптаційної здатності рослин до додаткового стресового чинника – кислотного дощу – рекомендовано їх впровадження у озеленення різнофункціональних екотопів міст. Проаналізовані методи захисту деревних насаджень, метою яких є продовження тривалості життя рослин в умовах населених територій та ефективного виконання ними середовищевірної ролі.

Література

- 1 Глібовицька Н. І. Вплив обрізки крони на терміни проходження фенофаз у рослин виду липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) в умовах урбанізованого середовища / Н. І. Глібовицька // XVII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство». – Київ, 2014. – С. 27-28.
- 2 Глібовицька Н. І. Екологічна стійкість та фітомеліоративна придатність деревних порід урбанізованих екосистем / Н. І. Глібовицька // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Біологія». 2017. Вип. 28. С. 12-21.
- 3 Глібовицька Н. І. Фізико-хімічні параметри стану листків липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) в урботехногенних умовах зростання / Н. І. Глібовицька // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: біологія. – 2014. – Вип. 18. – С. 180–185.
- 4 Гнатів П. С. Адаптація деревних рослин в урбоєкосистемі міста Львова / П. С. Гнатів // Лісівнича академія наук України: наукові праці. – Львів, 2003. – Вип. 2. – С. 108–113.
- 5 Гнатів П. С. Властивості зовнішнього і внутрішнього середовищ листків дерев як чинники адаптації рослин у трансформованому довкіллі / П. С. Гнатів, Д. В. Артемовська // Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 7. – С. 98–103.
- 6 Гнатів П. С. Буферні властивості та морфо-анатомічні ознаки листків у техногенних умовах зростання дерев / П. С. Гнатів, М. Г. Мазепа, Д. В. Артемовська // Науковий вісник УкрДЛТУ: збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000. – Вип. 10.2. – С. 97–90.
- 7 Капелюш Н. В. Вплив аерогенного забруднення на показники асиміляційного апарату деревних рослин міста Запоріжжя / Н. В. Капелюш // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2012. – № 3. – С. 111–115.
- 8 Кушнір А. І. Технологічні особливості лікування і оздоровлення вікових та історичних дерев: науково-методичні рекомендації / А. І. Кушнір, О. А. Суханова, І. Л. Кушнір. – К.: Видавництво НУБІП, 2009. – 48 с.
- 9 Луцишин О. Г. Макроморфологічні зміни реакції-відповіді рослинних організмів деревних вуличних насаджень Київського мегаполісу при стресовому рівні техногенного забруднення / О. Г. Луцишин, В. Г. Радченко, Н. В. Палапа та ін. // Доповіді Національної академії наук України. – 2010. – № 6. – С. 180–187.

10 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.

11 Писаренко В. М. Захист рослин: екологічно обґрунтовані системи: навчальний підручник / В. М. Писаренко. – Полтава: Інтер Графіка, 2002. – 288 с.

12 Пономарьова О. А. Порівняння середовищевірної ролі підростаючої крони дерев після глибокої омолоджувальної обрізки і молодих рослин / О. А. Пономарьова, В. П. Бессонова // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2012. – Вип. 17, № 1. – С. 183-189.

13 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.

14 Федоренко В. П. Стратегія і тактика захисту рослин / В. П. Федоренко. – К.: Альфа-стевія, 2012. – 503 с.

15 Хвостов О. О. Вплив аерогенного забруднення на стан деревної рослинності м. Запоріжжя / О. О. Хвостов, Н. В. Капелюш // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2011. – Вип. 16, № 1. – С. 103–108.

16 Gaffin S. R., Rosenzweig C., Kong A. Correspondence: adapting to climate change through urban green infrastructure // Nature Climate Change. - 2012. - V. 2 - P. 704-704.

17 Glibovytska N. I. Woody plants vitality of urban areas and prospects of their greenery / N. I. Glibovytska, YA. Adamenko // Scientific Bulletin of North University Center of Baia Mare. - 2017. - V. XXXI. - No. 1. - P. 21-34.

18 Oldfield E.E., Warren R.J., Felson A.J. Challenges and future directions in urban afforestation // Journal of Applied Ecology. - 2013. - V. 50 (5). - P. 1169-1177.

19 Ordonez C., Duinker P. Ecological integrity in urban forests // Urban Ecosystems. - 2012. - Vol. 15. - P. 863-877.

20 Rotherham I.D. Urban trees, urban forests and valuing the contributions to landscape and living // Arboricultural Journal. - 2014 - V. 36 (3). - P. 127-128.

21 Turner A.P., Dickinson M.N., Leed N.W. Indices of metal tolerance in trees // Water, Air and Soil Pollution. - 1991 - V. 57-58. - P. 617-625.

22 Williams N.S., Schwartz M.W., Vesk P.A. et al. A conceptual framework for predicting the effects of urban environments on flora. Journal of Ecology. - 2009. - V. 97. - No. 1. - P. 4-9.

© Н. І. Глібовицька,
І. В. Бойчук

*Надійшла до редакції 13 лютого 2018 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*