

УДК 581.52:674.031.23 (477.43)

<https://doi.org/10.33989/2021.7.2.261550>

І.Д. Григорчук, О.М. Оптасюк, Л.Г. Любінська, П.Д. Плахтій

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

вул. Огієнка, 61, Кам'янець-Подільський, 32300, Україна

physioplants@gmail.com

ORCID 0000-0002-2260-998X

ORCID 0000-0001-9007-2494

ORCID 0000-0003-4067-1717

АНАЛІЗ ФІТОІНДИКАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ *ROBINIA PSEUDOACASIA* L. В УМОВАХ м. КАМ'ЯНЦЯ-ПОДІЛЬСЬКОГО

Проаналізовано фітоіндикаційні властивості *Robinia pseudoacacia* L. в умовах м. Кам'янець-Подільського. Наводяться дані щодо ролі рослин в екологічній стабілізації міського середовища. Зазначається, що деревні рослини мають ряд переваг перед іншими, оскільки збагачують і очищують повітря протягом усього року, їх велика площа фотосинтетичних органів дозволяє ефективно поглинати токсичні речовини з навколишнього середовища та здійснювати асиміляційну роль. Окрім цього, деревні рослини вивчають у фітоіндикаційних дослідженнях. Наводиться інформація про об'єкт дослідження, його суперечливе значення через інвазивність та велику економічну та соціальну роль. Для аналізу фітоіндикаційних властивостей *R. pseudoacacia* в умовах м. Кам'янець-Подільського, обрали сім дослідних ділянок, що відрізняються різним антропогенним навантаженням, зокрема інтенсивністю транспортного руху. За досліджувані параметри обрали площу листків, кількість бобів на модельній гілці, довжину і ширину бобів, морфометричні показники насіння (довжина і ширина), кількість насіння у бобі та вагу насіння. Показано, що рослини *R. pseudoacacia* у різних місцях зростання м. Кам'янець-Подільського, відрізняються морфометричними показниками. Встановлено, що з погіршенням умов, зменшується площа листків, кількість плодів на модельній гілці, довжина та ширина бобів, вага насіння і його лінійні розміри. Пропонуємо досліджувані параметри використовувати у біоіндикаційних дослідженнях оцінки стану довкілля.

Ключові слова: фітоіндикація; урбанізація; морфометричні ознаки; *Robinia pseudoacacia* L.; м. Кам'янець-Подільський

Вступ. Міське середовище характеризується своєрідністю екологічних факторів, специфічністю техногенних впливів, що призводять до значної трансформації навколишнього середовища. Основними джерелами забруднюючих речовин в місті є робота промислових підприємств та транспортні засоби, що призводить до забруднення повітря, ґрунтів та поверхневих вод (Glibovytska & Mykhailiuk, 2020). Антропогенна трансформація довкілля викликала необхідність використання комплексного підходу до оцінки екологічного стану природних та міських екосистем. Моніторинг навколишнього середовища включає дві основні групи методів – біомоніторингові та аналітичні, або фізико-хімічні. Біоіндикаційний підхід є надійним та інформативним методом оцінки впливу техногенних факторів на живі організми (Glibovytska & Mykhailiuk, 2020; Ларина, & Казменко, 2012). Особливо перспективним є метод фітоіндикації, який передбачає діагностику стану екосистем за рослинним компонентом (Semak, 2021). Рослини, з одного боку піддаються комплексному хімічному, фізичному, біогенному впливу внаслідок забруднення атмосфери, поверхневих і ґрунтових вод, а, з іншого – є основним фактором екологічної стабілізації міського серед-

овища завдяки своїй життєдіяльності, і, перш за все, фотосинтезу і здатності до акумуляції та детоксикації забруднюючих речовин (Glibovytska & Mykhailiuk, 2020). Особливої уваги заслуговують деревні листопадні рослини, оскільки саме вони в умовах міського середовища виконують як естетичну, рекреаційну, так і захисну функції. Зазначається, що деревні рослини мають ряд переваг перед іншими, оскільки вони збагачують і очищують повітря протягом усього року, їх велика площа фотосинтетичних органів дозволяє ефективно поглинати токсичні речовини з навколишнього середовища та здійснювати асиміляційну роль (Kurbaniyazov, 2020; Glibovytska & Mykhailiuk, 2020). Вони мають позитивний вплив на ландшафт міста та здоров'я населення. Екосистемні функції дерев включають зниження температури навколишнього середовища, затінення, збільшення вологості, утримання дощової води та очищення повітря (Wilkaniec et al, 2021). Тому створення екологічно чистого середовища в містах можливе шляхом оптимізації внутрішньоміських деревних насаджень (Kurbaniyazov, 2020). В той же час роль дерев в міському середовищі залежить від їх функціонального стану, зміна якого є наслідком впливу самого місцезростання (Wilkaniec et al, 2021).

Одним із методів фітоіндикації стану навколишнього середовища є вивчення морфометричних змін рослинних структур (Semak, 2021). Такі зміни, в першу чергу, відображають ростові процеси рослин. В літературі є публікації, присвячені вивченню росту деревних рослин в умовах урбанізованого середовища (Яковлева-Носарь, 2017; Kurbaniyazov, 2020; Іванченко, Бессонова, 2016). Найчастіше використовуються такі тестові ознаки, як площа та лінійні розміри листків, тип та ступінь некрозу, коефіцієнт асиметрії, кількість та вага окремих вегетативних та генеративних органів (Glibovytska & Mykhailiuk, 2020). Зазвичай, адаптація рослин до умов міста проявляється у пригніченні росту та розвитку, а отже зменшенні висоти рослини чи розмірів окремих органів, зміні фізіологічних та біохімічних процесів тощо (Kurbaniyazov, 2020; Glibovytska & Mykhailiuk, 2020, Alves-Silva, Santos, Cornelissen, 2018).

Вивчення морфометричних параметрів різних видів деревних рослин в різних умовах міста дозволяє пошуку нових перспективних фітоіндикаторів. Саме тому дослідження на обрану тематику є актуальними. *R. pseudoacacia* – є економічно важливим видом у багатьох частинах Європи: використовується для боротьби з ерозією ґрунтів, для поглинання вуглецю та виробництва біомаси, як декоративне дерево в парках, садах, алеях, для виробництва деревини, кормів, меду, біомасел тощо (Nicolescu et al., 2020). Однак, незважаючи на економічну та соціальну цінність, роль *R. pseudoacacia* у європейському лісовому господарстві є суперечливою через його інвазивність: вид зарахований до 100 найбільш інвазивних видів у Європі (Nicolescu et al., 2020). *R. pseudoacacia* є толерантним до забруднення повітря, засоленості ґрунту та дефіциту вологи, тому зі збільшення аридизації клімату, очікується збільшення його значення, в тому числі й потенціал інвазивності. Це вимагає складного, комплексного підходу управління цим видом (Wilkaniec et al, 2021; Nicolescu et al., 2020).

Цікавим є вивчення фітоіндикаційних властивостей *R. pseudoacacia* в урбанізованому середовищі. Так, Т. І. Юсипіва (2016), з'ясувала, що молоді рослини *R. pseudoacacia* дуже чутливі до забруднення середовища промисловими викидами токсичних газів SO₂ та NO₂ і реагують на них змінами інтенсивності росту осьових органів і асиміляційного апарату. При цьому більш вразливими до дії вивчених забруднювачів є ріст головного кореня та площа листка і асиміляційної поверхні, тому ці показники пропонується використовувати з метою фітоіндикації для оцінювання стану молодих рослин *R. pseudoacacia* в техногенних умовах зростання. Г. С. Россихіна-Галича (Россихіна-Галича, Лихолат, & Лисенко 2014), з колегами виявили, що хронічний вплив аерополітантів призводив до інтенсифікації процесів пероксидного окиснення ліпідів у насінні *R. pseudoacacia* в умовах урбофітоценозу м. Дніпропетровська. С.О. Яковлева-Носарь (2017), за результатами своїх досліджень зробила висновки, що хронічний вплив промислових викидів ослаблює дерева *R. pseudoacacia*, викликаючи гальмування ростових процесів вегетативних і генеративних органів. Для оцін-

ки стану доквілля автор пропонує використовувати такі показники, як кількість насінин у плодах, величина річного приросту та довжина плодів, оскільки вплив техногенних викидів найбільше змінює ці характеристики (Яковлева-Носарь, 2017).

Метою дослідження є біоіндикація стану доквілля м. Кам'янця-Подільського з використанням *R. pseudoacacia*.

Матеріали та методи. Для дослідження обрали *Robinia pseudoacacia* L., оскільки це один з найбільш поширених деревних видів міста.

Нами для аналізу фітоіндикаційних властивостей *R. pseudoacacia* в умовах м. Кам'янця-Подільського, було обрано сім дослідних ділянок, що відрізняються різним антропогенним навантаженням, зокрема інтенсивністю транспортного руху:

Ділянка № 1 – вул. Лесі Українки в районі Ботанічного саду. Ця ділянка характеризувалася незначним забрудненням атмосфери, оскільки знаходиться на значній відстані від промислових об'єктів та низькою інтенсивністю автомобільного руху. Цю точку дослідження прийняли за умовний контроль.

Ділянка № 2 – вул. Драй-Хмари, з незначним рухом транспорту.

Ділянка № 3 – проспект Грушевського, поблизу «парку Розваг», оцінюється як вулиця зі значним рухом транспорту, а, отже, і навантаженням на атмосферу.

Ділянка № 4 – вул. Пушкінська – вулиця із середньою завантаженістю автомобілями.

Ділянка № 5 – вул. Чехова, яка характеризується, як вулиця зі значним навантаженням транспорту.

Ділянка № 6 – вул. Нігинське шосе – середньозавантажена транспортом вулиця.

Ділянка № 7 – вул. Дружби народів, має значну інтенсивність транспорту.

Дослідження проводили у вересні 2019 року під час експедиційних виїздів. Морфометричні показники визначали за загальноприйнятими методиками (Клейн Р., & Клейн Д., 1974). Кількість плодів розраховували на модельній гілці за Н.Д. Нестеровичем (30 гілок з кожної ділянки дослідження). Оцінку насіння здійснювали за прийнятими методами (ДСТУ 5036:2008, 2009). Проби відбирали з дерев одного вікового стану з південно-східного боку. Транспортне навантаження оцінювали способом підрахунку кількості автомобілів, що проїжджають певною вулицею (Чекмарева, & Бондаренко, 2004).

Отримані результати опрацьовували статистично (Приседський, 1999).

Результати та їх обговорення. Зміни листка є найбільш інформативними для фітоіндикації, оскільки він відображає функціональний стан рослинного організму (Semak, 2021). Однією з фітоіндикаційних ознак стану навколишнього середовища є площа листової пластинки. Листки є тими органами, що в першу чергу поглинають токсиканти повітря, тому їх оцінка має велике значення. В результаті наших досліджень було показано, що най-

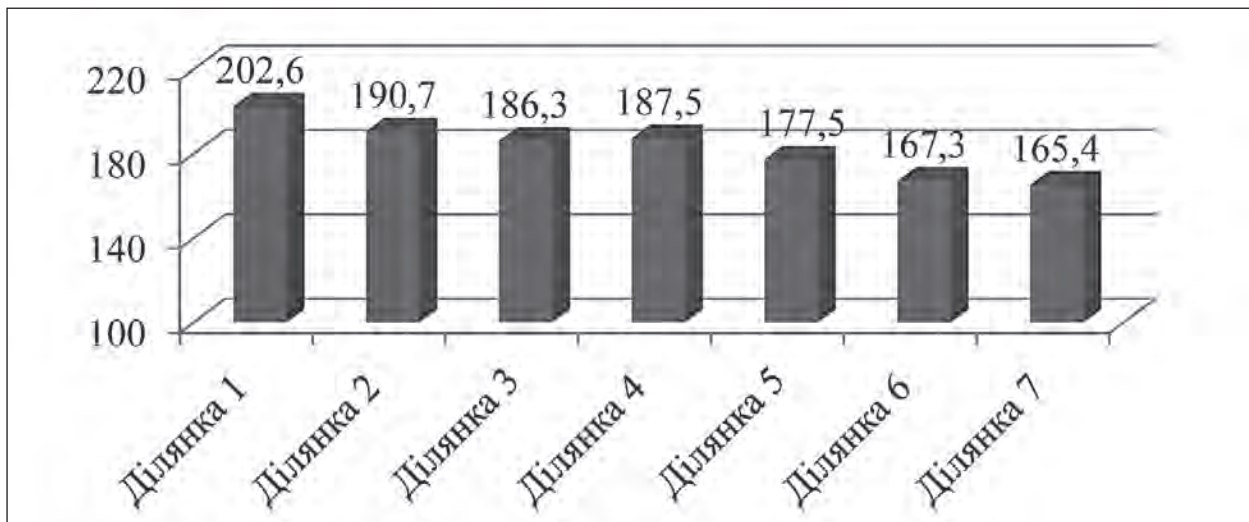


Рис.1. Площа листків *Robinia pseudoacacia* L. в різних місцях зростання

більшою площею характеризувалися листки *R. pseudoacacia*, що зростали в контрольних умовах (ділянка № 1), тобто з низьким антропогенним тиском та на вул. Пушкінська (ділянка № 4). Зі збільшенням антропогенного навантаження, величина площі листків у рослин *R. pseudoacacia* зменшувалася, порівняно з контрольними значеннями (рис. 1). Так, найменшою площею характеризувалися листки робінії з вул. Дружби народів, вул. Нігинське шосе та вул. Чехова.

Для оцінки якості насіння нами було визначено такі параметри як кількість бобів на модельній гілці, довжина і ширина бобів, довжина і ширина насіння, їх кількість у бобі та вага. Проаналізувавши кількість бобів на модельних гілках *R. pseudoacacia*, нами було встановлено, що в різних екологічних умовах цей показник відрізняється. Так, найбільшу кількість плодів було зафіксовано у рослин контрольної ділянки на вул. Лесі Українки (табл. 2). На інших дослідних ділянках цей показник менший, ніж у контрольному варіанті: найменшим він є у об'єктів з вул. Чехова та вул. Дружби народів (96 та 95 відповідно). На проспекті Грушевського, вул. Нігинське шосе та вул. Пушкінській кількість плодів на модельній гілці приблизно однакова та достовірно нижча за контрольні варіанти. Дозволимо припустити, що такі зміни в кількості плодів у *R. pseudoacacia* залежать від антропогенного навантаження.

Таблиця 2

Кількість бобів на модельній гілці *Robinia pseudoacacia* L. в різних умовах зростання м. Кам'янця-Подільського, $M \pm m$

Місце зростання	Кількість бобів, шт
Ділянка №1 Вул. Лесі Українки (контроль)	125±1,7
Ділянка № 2 Вул. Драй-Хмари	120±2,6
Ділянка № 3 Проспект Грушевського	108±3,2
Ділянка № 4 Вул. Пушкінська	112±1,2
Ділянка № 5 Вул. Чехова	96±2,5
Ділянка № 6 Вул. Нігинське шосе	107±2,1
Ділянка № 7 Вул. Дружби народів	95±3,4

Довжина бобів була найбільшою у рослин, що зростали на вул. Драй-Хмари та у контрольних зразків (табл. 3). Найменшими за цим параметром були плоди *R. pseudoacacia* з вул. Чехова та Дружби народів: 7,44 та 7,27 відповідно, що на 17,1 і 27,1% менше, ніж у контрольних рослин. У зразків, що зростали на вул. Пушкінській, проспекті Грушевському та вул. Нігинське шосе довжина бобів була приблизно однаковою (8,35; 8,32 та 8,23 відповідно). Щодо ширини бобів, спостерігається подібна тенденція: найбільшим цей показник був на ділянці № 1 та ділянці № 2 (табл. 3). Ці місця зростання характеризуються низькою та середньою інтенсивністю руху автотранспорту. Найнижчі ж показники ширини бобів були характерні для ділянки № 5 і 7, що на 18 і 19% відповідно є меншими від контролю.

Порівнявши ріст плодів *R. pseudoacacia* у довжину і ширину, встановили, що з погіршенням умов сильніше пригнічується ріст у довжину.

Одним з найважливіших показників якості насіння є вага 1000 насінин у повітряно-сухому стані (Бессонова, & Іванченко, 2014). Зазначається (Грицай, Юсипіва, & Трифонов, 2016; ДСТУ 5036:2008, 2009), що маса насіння характеризує його силу, точніше, запаси поживних речовин, що використовуються при проростанні.

Відповідно до отриманих даних, найбільшу вагу мають насіння *R. pseudoacacia* з контрольної ділянки зростання, а з погіршенням екологічних умов цей показник достовірно

Таблиця 3

**Морфометричні показники бобів *Robinia pseudoacacia* L.
на різних ділянках зростання м. Кам'янця-Подільського, $M \pm m$**

Місце зростання	Довжина бобів, см	Ширина бобів, см
Ділянка №1 Вул. Лесі Українки (контроль)	8,98±0,5	1,0±0,05
Ділянка № 2 Вул. Драй-Хмари	9,23±0,4	0,97±0,03
Ділянка № 3 Проспект Грушевського	8,32±0,3	0,93±0,04
Ділянка № 4 Вул. Пушкінська	8,35±0,3	0,87±0,04
Ділянка № 5 Вул. Чехова	7,44±0,3	0,82±0,03
Ділянка № 6 Вул. Нігинське шосе	8,23±0,3	0,92±0,03
Ділянка № 7 Вул. Дружби народів	7,27±0,2	0,81±0,03

Таблиця 4

**Якість насіння *Robinia pseudoacacia* L. в різних умовах зростання
м. Кам'янця-Подільського, $M \pm m$**

Місце зростання	Вага 1000 шт. насіння, г
Ділянка №1 Вул. Лесі Українки (контроль)	25,4±0,8
Ділянка № 2 Вул. Драй-Хмари	23,2±0,6
Ділянка № 3 Проспект Грушевського	22,1±1,1
Ділянка № 4 Вул. Пушкінська	24,3±1,2
Ділянка № 5 Вул. Чехова	17,3±0,9
Ділянка № 6 Вул. Нігинське шосе	20,5±0,8
Ділянка № 7 Вул. Дружби народів	19,4±0,9

зменшувався. Найнижчим він був у зразків з вул. Чехова та вул. Дружби народів (17,3 г та 19,4 г відповідно) (табл. 4).

Таблиця 5

**Морфометричні показники насіння *Robinia pseudoacacia* L. в різних умовах
м. Кам'янця-Подільського, $M \pm m$**

Місце зростання	Довжина насіння, мм	Ширина насіння, мм
Ділянка №1 Вул. Лесі Українки (контроль)	4,1±0,2	3,4±0,09
Ділянка № 2 Вул. Драй-Хмари	3,9±0,1	3,4±0,2
Ділянка № 3 Проспект Грушевського	3,7±0,1	3,2±0,1
Ділянка № 4 Вул. Пушкінська	3,7±0,2	3,2±0,1
Ділянка № 5 Вул. Чехова	3,3±0,09	2,8±0,1
Ділянка № 6 Вул. Нігинське шосе	3,3±0,2	3,1±0,1

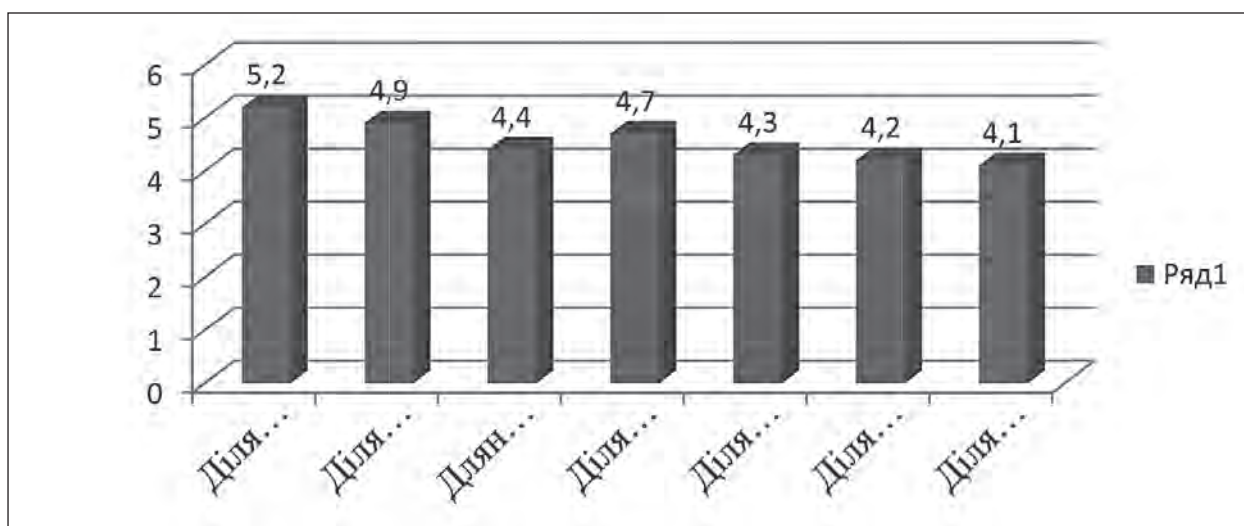


Рис. 2. Кількість насіння у плодах

Ділянка № 7 Вул. Дружби народів	3,1±0,08	2,9±0,08
------------------------------------	----------	----------

Умови росту рослин на різних ділянках впливають і на біометричні показники насіння рослин (Бессонова, & Іванченко, 2014).

Найменша його довжина виявлена у об'єктів, що зростають на вул. Нігинське шосе, вул. Чехова та вул. Дружби народів (табл. 5).

В інших місцях зростання цей показник достовірно не відрізнявся від контролю. Схожий результат і стосовно ширини насіння. Зменшується і кількість насіння *R. pseudoacacia* у плодах на всіх досліджуваних ділянках, за винятком ділянки № 2 (вул. Драй-Хмари) (рис.2).

Висновки. Отже, рослини *R. pseudoacacia* у різних місцях зростання м. Кам'янець-Подільського, що характеризуються різною інтенсивністю руху автомобільного транспорту, відрізняються морфометричними показниками. Встановлено, що з погіршенням умов, зменшується площа листків, кількість плодів на модельній гілці, довжина та ширина бобів, вага насіння і його лінійні розміри. Ці ознаки варто використовувати у біоіндикаційних дослідженнях оцінки стану навколишнього середовища.

Список використаної літератури:

- Бессонова В. П., Іванченко О. С. Аналіз насінневої продуктивності та якості насіння робінії звичайної у парках м. Дніпропетровська. *Питання біоіндикації та екології*. 2014. Вип. 19, № 1. С. 92–106.
- Грицай З. В., Юсипів Т. І., Трифонов М. О. Показники якості насіння лип в умовах забруднення довкілля викидами придніпровської ТЕС м. Дніпро. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2016. Т. 45. С. 109–113. ДСТУ 5036:2008. Насіння дерев та кущів. Методи відбирання проб, визначення чистоти, маси 1000 насінин та вологості: Введ. 01.01.2009. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 50 с.
- Іванченко О.Є., Бессонова В.П. Індикація стану деревних рослин парків м. Дніпропетровськ за морфофізіологічними показниками. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2016. 24 (1). С. 109–118. DOI: <https://doi.org/10.15421/011613>.
- Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методи исследования растений. Москва : Колос, 1974. 527 с.
- Ларина Г. Е., Казменко М. С. Фитоіндикація техногенного забруднення з допомогою деревних порід в умовах міста. *Актуальні проблеми гуманітарних і естественних наук*. 2012. № 9. С. 198–202.
- Нестерович И. Д. Плодоношение интродуцированных растений в БССР. Минск : Изд-во АН БССР, 1958. 383 с.
- Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк : Юго-Восток, 1999. 210 с.
- Росихіна-Галича Г. С., Лихолат Ю. В., Лисенко Н. О. Функціонування ферментів антиоксидантної системи в репродуктивних органах *Robinia pseudoacacia* L. за умов промислового міста. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2014. Вип. 43. С. 45–49.
- Чекмарева О. В., Бондаренко Е. В. Оценка роли автодорожного комплекса в формировании атмосферного воздуха. Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. 43 с.
- Юсипів Т. І. Вплив промислових викидів SO₂ та NO₂ на морфометричні показники самосіву та підросу *Robinia pseudoacacia* L. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2016. Т. 45. С. 118–123.
- Яковлева-Носарь С.О. Мінливість морфометричних показників вегетативної та генеративної сфер *Robinia pseudoacacia* L. у різних газодимових зонах м. Запоріжжя. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2017. Т. 13, № 1. С. 16–26.
- Alves-Silva E., Santos J. C., Cornelissen T. G. How many leaves are enough? The influence of sample size on estimates of plant developmental instability and leaf asymmetry. *Ecological Indicators*. 2018. No. 89. P. 912–924. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.060>.

- Biotic and abiotic factors causing the collapse of *Robinia pseudoacacia* L. veteran trees in urban environments / A. Wilkaniec et al. *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16 (1). URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0245398>. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245398>.
- Ecology, growth and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), a non-native species integrated into European forests / V. N. Nicolescu et al. *Journal of Forestry Research*. 2020. Vol. 31. P. 1081–1101. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01116-8>.
- Glibovytska N., Mykhailiuk Yu. Phytoindication research in the system of environmental monitoring. *Екологічні науки*. 2020. № 1(28). С. 11–14. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.16>.
- Kurbaniyazov B. Analysis of the State of Woody Plants in the City of Nukus (Streets of Ernazar Alakoz). *American Journal of Plant Sciences*, 2020. Vol. 11. P. 896–902. DOI: 10.4236/ajps.2020.116065.
- Semak U. Morphological response of the leaf blades of *B. pendula* Roth. to the influence of man-made environmental factors. *E3S Web of Conferences*. 2021. № 255. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/31/e3sconf_iscmee2021_01044.pdf. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501044>

I.D. Hrygorchuk, O.M. Optasyuk, L.G. Lyubinska, P.D. Plakhtiy

Ivan Ogiyenko Kamyansky-Podilsky National University

ANALYSIS OF PHYTOINDICATION PROPERTIES OF *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. IN THE CONDITIONS OF KAMYANETS-PODILSKY

Phytoindication properties of Robinia pseudoacacia L. in the conditions of Kamyansky-Podilsky were analyzed. Data on the role of plants in the ecological stabilization of the urban environment are given. It is noted that woody plants have a number of advantages over others, as they enrich and purify the air throughout the year, their large area of photosynthetic organs allows you to effectively absorb toxic substances from the environment and play an assimilative role. In addition, woody plants are studied in phytoindication studies. Information about the object of study, its contradictory significance due to invasiveness and large economic and social role is provided. To analyze the phytoindication properties of R. pseudoacacia in the conditions of Kamyansky-Podilsky, we selected seven experimental sites with different anthropogenic loads, including traffic intensity. The area of leaves, the number of beans on the model branch, the length and width of the beans, the morphometric parameters of the seeds (length and width), the number of seeds in the bean and the weight of the seeds were chosen for the studied parameters. It is shown that R. pseudoacacia plants in different places of growth of Kamyansky-Podilsky differ in morphometric parameters. It was found that with deteriorating conditions, the area of leaves, the number of fruits on the model branch, the length and width of beans, seed weight and its linear size decreases. We propose to use the studied parameters in bioindication studies to assess the state of the environment.

Key words: phytoindication; urbanization; morphometric features; *Robinia pseudoacacia* L.; Kamyansky-Podilsky

References

- Alves-Silva, E., Santos, J. C., & Cornelissen, T. G. (2018). How many leaves are enough? The influence of sample size on estimates of plant developmental instability and leaf asymmetry. *Ecological Indicators*, 89, 912-924. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.060>
- Bessonova, V. P., & Ivanchenko, O. S. (2014). Analiz nasinnievoi produktyvnosti ta yakosti nasinnia robinii zvychnoi u parkakh m. Dnipropetrovska [Analysis of seed productivity and seed quality of robinia common in the parks of Dnepropetrovsk]. *Problems of bioindications and ecology*, 19(1), 92-106 [in Ukrainian].
- Chekmareva, O. V., & Bondarenko, E. V. (2004). *Otsenka roli avtodorozhnogo kompleksa v formirovanii atmosfernogo vozdukh* [Assessment of the role of the road complex in the formation of atmospheric air]. Orenburg: GOU OGU [in Russian].
- DSTU 5036:2008. (2009). *Nasinnia derev ta kushchiv. Metody vidbyrannia prob, vyznachennia chystoty, masy 1000 nasynyn ta volohosti* [Seeds of trees and shrubs. Methods of sampling, determination of purity, weight of 1000 seeds and humidity]. Vved. 01.01.2009. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
- Glibovytska, N., & Mykhailiuk, Yu. (2020). Phytoindication research in the system of environmental monitoring. *Ecological Sciences*, 1(28), 11-14. doi: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.16>.
- Hrytsai, Z. V., Yusyypiva, T. I., & Tryfonov, M. O. (2016). Pokaznyky yakosti nasinnia lyp v umovakh zabrudnennia dovkillia vykydamy prydniprovskoi TES m. Dnipro [Indicators of linden seed quality in the conditions of environmental pollution by emissions of the Dnieper TPP in Dnipro]. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 45, 109-113 [in Ukrainian].
- Ivanchenko, O. Ye., & Bessonova V. P. (2016). Indykatsiia stanu derevnykh roslyn parkiv m. Dnipropetrovsk za morfofiziolohichnyy pokaznykamy [Indication of the condition of woody plants in the parks of Dnepropetrovsk by morphophysiological indicators]. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology*, 24(1), 109-118. doi: <https://doi.org/10.15421/011613> [in Ukrainian].
- Klein, R. M., & Klein, D. T. (1974). *Metody issledovaniia rastenii* [Plant research methods]. Moskva: Kolos [in Russian].
- Kurbaniyazov, B. (2020). Analysis of the State of Woody Plants in the City of Nukus (Streets of Ernazar Alakoz). *American Journal of Plant Sciences*, 11, 896-902. doi: 10.4236/ajps.2020.116065
- Larina, G. E., & Kazmenko, M. S. (2012). Fitoindikatsiia tekhnogennoho zagriaznennia s pomoshchiu drevesnykh porod v usloviakh goroda [Phytoindication of technogenic pollution using tree species in urban conditions]. *Aktualnye problemy humanitarnykh i estestvennykh nauk* [Actual problems of the humanities and natural sciences], 9, 198-202 [in Russian].

- Nesterovich, I. D. (1958). *Plodonoshenie introductirovannykh rastenii v BSSR [Fruiting of introduced plants in the BSSR]*. Minsk: Izd-vo AN BSSR [in Russian].
- Nicolescu, Valeriu-Norocel, Rédei, Károly, Mason, William L., Vor, Torsten, Pöetzelsberger, Elisabeth, Bastien, Jean-Charles, ... & Pástor Michal. (2020). Ecology, growth and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), a non-native species integrated into European forests. *Journal of Forestry Research*, 31, 1081-1101. doi: <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01116-8>.
- Prysedskyi, Yu. H. (1999). *Statystychna obrobka rezultativ biolohichnykh eksperymentiv [Statistical processing of the results of biological experiments]*. Donetsk: Yuho-Vostok [in Ukrainian].
- Rosykhina-Halycha, H. S., Lykholat, Yu. V., Lysenko, N. O. (2014). Funktsionuvannia fermentiv antyoksydantnoi systemy v reproduktyvnykh orhanakh *Robinia pseudoacacia* L. za umov promyslovoho mista [Functioning of enzymes of the antioxidant system in the reproductive organs of *Robinia pseudoacacia* L. under the conditions of an industrial city]. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 43, 45-49 [in Ukrainian].
- Semak, U. (2021). Morphological response of the leaf blades of *B. pendula* Roth. to the influence of man-made environmental factors. *E3S Web of Conferences*, 255. Retrived from https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/31/e3sconf_iscmee2021_01044.pdf. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501044>
- Wilkaniec, A., Borowiak-Sobkowiak, B., Irzykowska, L., Breś, W., Świerk, D., Pardela, Ł., Durak, R., Środulska-Wielgus J., Wielgus K. (2021). Biotic and abiotic factors causing the collapse of *Robinia pseudoacacia* L. veteran trees in urban environments. *PLoS ONE*, 16(1). Retrived from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0245398>. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245398>
- Yakovlieva-Nosar, S. O. (2017). Minlyvist morfometrychnykh pokaznykiv vehetatyvnoi ta heneratyvnoi sfer *Robinia pseudoacacia* L. u riznykh hazodymovykh zonakh m. Zaporizhzhia [Variability of morphometric parameters of vegetative and generative spheres of *Robinia pseudoacacia* L. in different gas-smoke zones of Zaporizhzhia]. *Aktualni pytannia biolohii, ekolohii ta khimii [Current issues of biology, ecology and chemistry]*, 13(1), 16-26 [in Ukrainian].
- Yusypiva, T. I. (2016). Vplyv promyslovykh vykydiv SO₂ ta NO₂ na morfometrychni pokaznyky samosivu ta pidrostu *Robinia pseudoacacia* L. [Influence of industrial emissions of SO₂ and NO₂ on morphometric indicators of self-seeding and undergrowth of *Robinia pseudoacacia* L.]. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 45, 118-123 [in Ukrainian].

Отримано 29.10.2021