

## ФІТОІНДИКАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СІНАНТРОПНИХ ТРАВ'ЯНИСТИХ РОСЛИН В УРБАНІЗОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Сікора В.І., Григорчук І.Д.

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка  
вул. Огієнка, 61, 32300, м. Кам'янець-Подільський  
[bioldf25.sikora@kpnu.edu.ua](mailto:bioldf25.sikora@kpnu.edu.ua), [hryhorchuk@kpnu.edu.ua](mailto:hryhorchuk@kpnu.edu.ua)

У статті здійснено комплексний теоретичний аналіз проблеми оцінки екологічного стану урбанізованого середовища методами фітоіндикації. В умовах зростаючого антропогенного навантаження, що супроводжується накопиченням у ґрунтах важких металів та інших ксенобіотиків, забрудненням атмосфери та водою, трансформацією гідрологічного режиму та порушенням трофічних зв'язків, традиційні фізико-хімічні методи моніторингу потребують доповнення біологічними підходами діагностики. Обґрунтовано доцільність використання синантропних трав'янистих рослин як чутливого, доступного та інтегрального інструменту для оцінки якості довкілля. На основі системного аналізу вітчизняних та закордонних наукових джерел визначено ключові переваги використання видів-урбофілів, зокрема *Taraxacum officinale* Wigg. та *Plantago major* L., для моніторингу урбоекосистем. Встановлено, що фітоіндикаційний потенціал цих видів базується на їхній високій екологічній пластичності, здатності акумулювати полутанти у вегетативних органах та чіткій фізіолого-біохімічній відповіді на стрес. Проаналізовано біохімічні механізми адаптації рослин до умов урбосередовища, зокрема деградацію фотосинтетичних пігментів, зміни співвідношення хлорофілів і каротиноїдів, посилення перекисного окиснення ліпідів та активацію ферментних систем антиоксидантного захисту (каталази, пероксидази, супероксиддисмутази). Теоретично обґрунтовано, що за умов хронічного техногенного забруднення в рослин відбуваються метаболічні перебудови на клітинному та тканинному рівнях, які можуть розглядатися як ранні маркери екологічного стресу ще до появи виражених морфологічних змін. Особливу увагу приділено можливості використання морфометричних показників (площа листової пластинки, довжина черешка, маса сирогої та сухої речовини) у поєднанні з біохімічними параметрами для підвищення достовірності оцінки стану урбоекосистем. Зроблено висновок про необхідність застосування комплексного підходу, який поєднує аналіз акумулятивних властивостей рослин, морфометричних показників та оцінку їхнього фізіологічного статусу. *Ключові слова:* фітоіндикація, синантропні види, урбоекосистеми, екологічний моніторинг.

### Phytoindication potential of synanthropic plants in urbanized environments. Sikora V., Hryhorchuk I.

The article presents a comprehensive theoretical analysis of the problem of assessing the ecological state of urbanized environments using phytoindication methods. Under conditions of increasing anthropogenic pressure, accompanied by the accumulation of heavy metals and other xenobiotics in soils, air and water pollution, transformation of the hydrological regime, and disruption of trophic relationships, traditional physicochemical monitoring methods require supplementation with biological diagnostic approaches. The feasibility of using synanthropic herbaceous plants as a sensitive, accessible, and integrative tool for environmental quality assessment is substantiated. Based on a systematic analysis of national and international scientific sources, the key advantages of using urbanophile species, in particular *Taraxacum officinale* Wigg. and *Plantago major* L., for monitoring urban ecosystems have been identified. It has been established that the phytoindicative potential of these species is based on their high ecological plasticity, their ability to accumulate pollutants in vegetative organs, and their distinct physiological and biochemical responses to stress. The biochemical mechanisms of plant adaptation to urban conditions are analyzed, including the degradation of photosynthetic pigments, changes in the ratio of chlorophylls to carotenoids, intensification of lipid peroxidation, and activation of antioxidant enzyme systems (catalase, peroxidase, superoxide dismutase). It is theoretically substantiated that under conditions of chronic technogenic pollution, plants undergo metabolic rearrangements at the cellular and tissue levels, which may be considered early markers of ecological stress prior to the appearance of pronounced morphological changes. Particular attention is paid to the possibility of using morphometric parameters (leaf blade area, petiole length, fresh and dry weight) in combination with biochemical indicators to increase the reliability of urban ecosystem assessment. It is concluded that a comprehensive approach is necessary, combining the analysis of plant accumulation properties, morphometric parameters, and evaluation of their physiological status. *Key words:* phytoindication, synanthropic species, urban ecosystems, environmental monitoring.

**Постановка проблеми.** Сучасні урбоекосистеми формуються під впливом потужного антропогенного пресингу, що призводить до суттєвої трансформації природних ландшафтів і погіршення якості довкілля. Як зазначають дослідники, урботехногенні екосистеми характеризуються специфічним мікрокліматом, ущільненням ґрунтів та, насамперед, хімічним

забрудненням важкими металами й токсичними газами [2, 6, 14]. У результаті в міських екотопах формується специфічна флора, в якій домінують синантропні трав'яністи види, здатні витримувати широкий спектр антропогенних впливів [7, 9, 10]. Разом із тим саме ці види першими реагують на зміни екологічних факторів, що створює передумови



для їх використання у фітоіндикації стану урбанізованого середовища [16, 18].

Попри значну кількість досліджень, присвячених синантропізації флори та структурі урбанофлор, проблема оцінювання індикаторного потенціалу окремих синантропних трав'янистих видів залишається недостатньо систематизованою. Наявні роботи часто зосереджені на описі видового складу або ступеня антропогенної трансформації, тоді як кількісна оцінка екологічної чутливості видів до конкретних факторів (трофність, зволоження, реакція ґрунтового розчину, техногенне навантаження) потребує подальшого уточнення [7, 9, 10, 16].

Проблема полягає у необхідності наукового обґрунтування критеріїв добору синантропних трав'янистих рослин як надійних фітоіндикаторів та визначення меж їх інформативності в умовах різних типів урбанізованих біотопів. Вирішення цього завдання є важливим для вдосконалення біоіндикаційних підходів до екологічного моніторингу та підвищення точності оцінювання стану довкілля в межах міських територій.

**Актуальність дослідження.** Актуальність дослідження зумовлена зростаючою антропогенною трансформацією ландшафтів у містах і передмістях, що призводить до суттєвих змін у видовому складі та функціонуванні рослин. Синантропні трав'янисті рослини за своєю екологічною пластичністю і домінантністю в урбанізованих біотопах можуть бути інформативними індикаторами стану середовища, зокрема змін антропогенного навантаження, рівня забруднення, структурно-функціональних порушень біоценозів [16]. Синантропні рослини завдяки своїй стійкості формують рослинний покрив там, де аборигенні види не виживають. Попри наявні дослідження, багато питань щодо використання синантропної флори як фітоіндикаторів екологічних змін залишаються недостатньо вивченими, особливо в контексті низки факторів урбанізації: мікрокліматичних змін, техногенного забруднення ґрунтів і повітря, антропогенного упорядкування територій, різних типів урбанізованих біотопів [18]. Розуміння чутливості та індикаторного потенціалу окремих видів синантропних трав'янистих рослин дозволяє не лише оцінювати поточний екологічний стан, але й прогнозувати тенденції змін, розробляти рекомендації з моніторингу та озеленення урбанізованих територій.

Особливо актуальною ця проблема є в умовах сучасних міст України, де інтенсивність урбанізації поєднується з недостатністю систематичного екологічного моніторингу рослинності. Вивчення фітоіндикаційних властивостей синантропних рослин може значно доповнити існуючі підходи до оцінки екологічного стану урбанізованих середовищ, оскільки ці види швидко реагують на зміни факторів середовища і доступні для польових спостережень.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Авторський доробок пов'язаний із вирішенням актуальних наукових завдань сучасної урбоекології, фітоєкології та біоіндикації, що стосуються оцінювання стану урбанізованого середовища на основі реакцій рослинних організмів. Дослідження спрямоване на уточнення фітоіндикаційного потенціалу синантропних трав'янистих видів, визначення їх екологічної амплітуди та інформативності щодо антропогенно трансформованих умов існування.

Отримані результати доповнюють наукові підходи до використання біологічних методів моніторингу довкілля, зокрема шляхом обґрунтування можливості застосування окремих видів синантропної флори як індикаторів рівня антропогенного навантаження, змін ґрунтових характеристик, ступеня порушення рослинного покриву та урбанізаційних процесів. Таким чином, робота інтегрується в напрям досліджень, пов'язаних із розвитком екологічного моніторингу та оцінюванням стійкості урбоекосистем.

Практичне значення авторського доробку полягає у можливості використання отриманих даних під час проведення екологічних обстежень територій, планування заходів із відновлення та оптимізації зелених зон, розроблення локальних програм екологічного моніторингу. Результати можуть бути застосовані у діяльності органів місцевого самоврядування, природоохоронних структур, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти під час викладання дисциплін екологічного та ботанічного профілю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання фітоіндикації та екології урбанізованого середовища висвітлені у широкому колі наукових праць. Вагомий внесок у вивчення синантропізації флори України зробили В.В. Протопопова та М.В. Шевера, які виділяють групу високоактивних видів-урбофілів, здатних до експансії в порушених екотопах [9, 10]. Фітоіндикаційний потенціал *Taraxacum officinale* (кульбаба лікарської) детально досліджувався І.О. Комаровою в умовах промислового Криворіжжя [5, 6, 14]. Авторкою встановлено високу акумулятивну здатність цього виду щодо важких металів та визначено особливості його функціонування в техногенних зонах [14]. А. Вурал [21] та М. Бобус із співавторами [11] наводять дані про використання *Taraxacum officinale* як біомонітора забруднення ґрунтів слідовими елементами та ксенобіотиками в різних країнах світу, підкреслюючи універсальність цього об'єкта. Фізіолого-біохімічні аспекти індикації, зокрема реакції пігментного комплексу та ферментних систем, розкриті у працях В.П. Бессонової та колег [2-4], а також у дослідженнях Т.В. Андрусишина з колегами [1].

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Незважаючи на наявність численних досліджень, присвячених синантропізації флори та

структурі урбанофлор, низка аспектів залишається недостатньо розробленою. Так, відсутня узагальнена система оцінювання фітоіндикаційного потенціалу саме синантропних трав'янистих видів, які найчастіше формують рослинний покрив урбанізованих територій. Більшість робіт зосереджена на флористичних переліках або аналізі ступеня трансформації рослинності, тоді як індикаторні можливості окремих видів часто розглядаються фрагментарно.

Недостатньо визначено межі екологічної толерантності синантропних видів у конкретних типах міських біотопів, зокрема щодо показників зволоження, трофності, реакції ґрунтового розчину та рівня антропогенного навантаження. Це ускладнює використання таких видів як кількісних індикаторів стану середовища.

Бракує порівняльних досліджень, які б підтвердили аналіз екологічних характеристик видів із практичними потребами локального екологічного моніторингу. Невизначеними залишаються критерії добору найбільш інформативних синантропних трав'янистих рослин для оцінювання ступеня урбанізаційної трансформації територій.

**Новизна.** У статті здійснено комплексну оцінку фітоіндикаційного потенціалу синантропних трав'янистих видів в умовах урбанізованого середовища з урахуванням сукупності екологічних чинників. Уточнено екологічні амплітуди та індикаторні можливості окремих синантропних видів у межах різних типів міських біотопів, що дозволяє розширити уявлення про їх роль не лише як компонентів трансформованої флори, а й як чутливих біоіндикаторів змін довкілля.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Дослідження розвиває підходи до використання синантропних трав'янистих видів у системі фітоіндикації урбанізованого середовища та уточнює принципи їх добору як індикаторів антропогенного навантаження. Отримані результати розширюють теоретичні засади біоіндикації в межах урбоекології та можуть бути використані при формуванні науково обґрунтованих програм екологічного моніторингу міських територій.

#### **Викладення основного матеріалу.**

Антропогенна трансформація рослинного покриву є одним із ключових наслідків урбанізації, індустріалізації та інтенсифікації землекористування. Одним із найбільш виражених проявів цього процесу є синантропізація флори – зростання ролі видів, здатних існувати й домінувати в умовах постійного антропогенного впливу. За узагальненими даними для трав'янистих біотопів України синантропна фракція налічує 584 види судинних рослин, що належать до 351 роду та 72 родин, з домінуванням *Asteraceae*, *Brassicaceae* та *Poaceae* [7]. Синантропні види представлені як апофітами (53,8%), так і адвентивними рослинами, серед яких за часом занесення переважають кенофіти (58,8%) [7].

М.В. Шевера та співавтори зазначають, що процес синантропізації рослинного покриву, який проявляється через посилення апофітизації (зростання частки аборигенних видів, що змушені адаптуватися до трансформованих людиною умов) і адвентивізації флори та рослинності, зумовленої проникненням чужорідних видів, вважається другою за значущістю проблемою збереження біорізноманіття після руйнування природних оселищ [10]. Вплив адвентивних організмів розглядається як один із деструктивних чинників, що негативно позначається на стані довкілля, зокрема рослинного покриву. Їх активному та часто спонтанному поширенню сприяють глобалізація торгівлі, розвиток транспорту і туризму, інтродукція рослин, аграрна діяльність, воєнні дії тощо, тоді як кліматичні зміни створюють умови для формування нових адаптивних механізмів до зміненого середовища [10]. Вивчення антропогенної трансформації флори в Україні розвивається як окремий науковий напрям. В той же час, автори зазначають, що на сьогоднішній день фокус уваги змістився на вивчення екологічних особливостей чужорідних видів, і таких досліджень стає дедалі більше [10].

Українські науковці отримали суттєві результати у дослідженні різних аспектів синантропізації рослинного покриву – від детального аналізу окремих чужорідних, зокрема інвазійних видів, до узагальнення накопичених даних щодо комплексних наслідків їхнього впливу [10]. Накопичені напрацювання створюють міцне наукове підґрунтя для розроблення заходів із контролю та стримування поширення таких видів. Водночас практичне розв'язання проблеми насамперед залежить від її належного правового врегулювання на державному рівні. Наразі формування законодавчої бази та розвиток інституційної спроможності у сфері управління чужорідними організмами в Україні фактично не просунулися, оскільки досі не ухвалено ні спеціальної стратегії, ні необхідних змін до законодавства, які б забезпечили реалізацію ключових положень, окреслених у проєкті Стратегії національної безпеки [10].

Окремим напрямом дослідження синантропних рослин є використання їх у фітоіндикаційних дослідженнях для оцінювання стану довкілля за їх морфологічними, фізіологічними та біохімічними змінами. На відміну від одноразових фізико-хімічних аналізів, рослини здатні інтегрувати та акумулювати інформацію про рівень і характер забруднення впродовж певного часу й у межах конкретного простору [20].

Синантропні рослини мають низку переваг як об'єкти біоіндикації: постійно присутні у міських екотопах, здатні акумулювати як неорганічні, так і органічні поліюганти, характеризуються відносною простотою відбору та ідентифікації.

Як показано в оглядових і експериментальних роботах, ці рослини ефективно відображають забруднення важкими металами, поліциклічними

ароматичними вуглеводнями, фармацевтичними сполуками та іншими ксенобіотиками [20].

Найбільш дослідженим аспектом фітоіндикаційного потенціалу синантропних рослин є їхня здатність до акумуляції важких металів. У численних роботах доведено лінійні або квазілінійні зв'язки між вмістом металів у ґрунті та рослинних тканинах.

Так, *Taraxacum officinale* показав високу здатність накопичувати Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb, що дозволяє використовувати його як пасивний біоіндикатор промислових територій [18]. Аналогічні результати отримано в умовах промислового Криворіжжя, де встановлено специфіку транслокації металів у системі «ґрунт–корінь–листок» та активацію процесів пероксидного окиснення ліпідів за високого рівня забруднення [14]. У дослідженнях Т.В. Андрусишина з колегами [1], було показано, що *Taraxacum officinale*, які ростуть у долині річки Збруч, у зоні впливу міського сміттєзвалища м. Волочиськ Хмельницької області, характеризувалися вищим вмістом важких металів, ніж у рослин із порівнюваних природних екосистем [1].

*Plantago major* розглядається як надійний індикатор транспортного забруднення, зокрема Cu, Zn, Cd та Pb, що підтверджено як польовими, так і експериментальними дослідженнями [1, 13, 15]. Для цього виду характерна кореляція між концентраціями металів у ґрунті та вегетативних органах, що підвищує його індикаторну цінність.

Дослідження Д. Малізія [15] показали, що вміст металів у коренях трав'янистих синантропних рослин зазвичай перевищує їх концентрацію в листках, що відображає бар'єрну роль кореневої системи. Водночас накопичення металів у надземних органах робить можливим використання листків як індикаторного матеріалу.

Також було вивчено ряд інших видів синантропної флори як можливих кандидатів для моніторингу стану навколишнього середовища: *Achillea millefolium* L., *Urtica dioica* L., *Trifolium pratense* L., *Rumex acetosa* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Plantago lanceolata* L., *Senecio vulgaris* L., *Polygonum aviculare* L., *Poa annua* L., *Chelidonium majus* L. [1, 8, 12, 15, 17, 19].

Окрім акумуляції поллютантів, важливим напрямом є аналіз фізіологічних і біохімічних відповідей синантропних рослин на стресові чинники. Показано, що забруднення важкими металами супроводжується зростанням вмісту H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, малонового діальдегіду та активності антиоксидантних ферментів [12].

Для *Taraxacum officinale* доведено інформативність палінологічних показників, параметрів генеративної сфери та особливостей проростання насіння

як критеріїв біоіндикації [5, 6, 14]. Такі інтегральні ознаки відображають не лише рівень забруднення, а й адаптаційні стратегії виду.

У дослідженнях рудеральних і дикорослих рослин у міських умовах Саудівської Аравії показано, що рослини здатні акумулювати широкий спектр органічних забруднювачів з повітря, ґрунту та води, що підтверджує універсальність фітоіндикаційного підходу [16].

Синантропні рослини не лише реагують на антропогенний тиск, але й формують основу рослинного покриву трансформованих територій. У зонах високого забруднення саме вони домінують у фітоценозах, замінюючи чутливі до поллютантів види [1, 8].

Висока екологічна пластичність, здатність до акумуляції забруднювачів і толерантність до стресу роблять синантропні види перспективними не лише для біоіндикації, але й для фіторе mediaції забруднених територій.

Отже, проаналізовані джерела свідчать, що синантропні рослини є науково обґрунтованими об'єктами фітоіндикаційних досліджень. Їхні морфологічні, фізіологічні та біохімічні характеристики інтегрально відображають рівень антропогенного навантаження в урбосистемах. Найбільш перспективними видами є *Taraxacum officinale* та *Plantago major*, для яких доведено індикаторну значущість у різних екологічних умовах.

#### Головні висновки.

Отже, синантропні трав'янисті види є інформативним компонентом урбанofлори та можуть використовуватися як ефективні фітоіндикатори стану урбанізованого середовища. Встановлено, що найбільш об'єктивною є комплексна оцінка екологічного стану, яка поєднує аналіз акумуляції важких металів, визначення морфометричних порушень та діагностику біохімічного статусу. Використання запропонованого мультимаркерного підходу дозволить підвищити точність екологічного моніторингу та своєчасно виявляти загрози для біоти та населення міст. З огляду на специфіку малих і середніх міст України, де відсутні розгалужені системи стаціонарного екологічного контролю, застосування синантропних рослин як біоіндикаторів є економічно доцільним та методично обґрунтованим інструментом оцінки стану довкілля.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати теоретичного узагальнення є основою для подальшого аналізу синантропних видів рослин, проведення довготривалих спостережень у межах різних типів урбанізованих екотопів, а також інтеграції біоіндикаційних методів із фізико-хімічними показниками стану довкілля для підвищення точності екологічної оцінки.

## Література

1. Андрусишин Т.В., Грубінко В.В., Ярема О.М. Вміст важких металів вегетативної частини рудеральних рослин у зв'язку з умовами зростання забруднення. *Наук. зап. Терноп. нац. ун-ту. Сер. Біол.* 2022. Т. 82, № 4. С. 29–35.
2. Бессонова В.П., Бессонов Є.П., Зверковський В.М. Оцінка стану пилку деревних рослин в урботехногенній екосистемі. *Питання біоіндикації та екології.* 2013. Вип. 18, № 1. С. 70–83.
3. Бессонова В.П., Іванченко О.Є. Вміст важких металів у листках деревних рослин парків м. Дніпропетровська. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель.* 2020. Вип. 49. С. 64–72.
4. Бессонова В.П., Іванченко О.Є., Пономарьова О.А. Одночасний вплив важких металів ( $Pb^{2+}$  і  $Cd^{2+}$ ) та засолення на стан асиміляційного апарату і вміст пігментів фотосинтезу пажитниці багаторічної. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Біологія. Екологія».* 2015. Вип. 23, № 1. С. 15–20.
5. Комарова І.О. Особливості функціонування рослинного організму в урботехногенній екосистемі (аналіз стану проблеми). *Питання біоіндикації та екології.* 2015. Вип. 20, № 2. С. 18–29.
6. Комарова І. О. *Taraxacum officinale* Wigg. як об'єкт біоіндикаційних досліджень в умовах Криворіжжя. *Екологічний вісник Криворіжжя.* 2016. Вип. 2. С. 53–56.
7. Кучер О.О., Мойсієнко І.І., Ємельянова С.М., Вашеняк Ю.А., Буджак В.В., Куземко А.А. Аналіз синантропізації трав'яних біотопів України. *Chornomorski Botanical Journal.* 2021. 17 (4). С. 316–330. <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2021-17-4-2>.
8. Мамчур З., Чуба М. Екологічні особливості синантропної флори території центральної шкільної забудови міста Львова. *Biol. Stud.* 2016. 10 (1). p. 143–154. DOI: <https://doi.org/10.30970/sbi.1001.466>.
9. Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високоактивних видів. *Біологічні студії.* 2019. Т. 13, № 1. С. 91–102.
10. Шевера М.В., Протопопова В.В., Зав'ялова Л.В., Бурда Р.І., Буджак В.В., Коломійчук В.П., Бойко Н.С., Дойко Н.М., Кучер О.О., Двірна Т.С., Конякін С.М., Мордатенко І.Л., Міськова О.В. Актуальні напрями досліджень синантропізації рослинного покриву України. *Вісник НАН України.* 2025. № 11. С. 78–94. <https://doi.org/10.15407/visn2025.11.078>.
11. Bogus M., Brzezinski T., Nachula A. et al. A comprehensive analysis of chemical and biological pollutants (natural and anthropogenic origin) of soil and dandelion (*Taraxacum officinale*) samples. *Plos One.* 2023. Vol. 18, N. 1. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280810>.
12. Cakaj A., Lisiak-Zielinska M., Hanc A., Malecka A., Borowiak K., Drapikowska M. Common weeds as heavy metal bioindicators: a new approach in biomonitoring. *Sci Rep.* 2023. 28. 13(1): 6926. DOI: 10.1038/s41598-023-34019-9
13. Galal T.M., Shehata H.S. Bioaccumulation and translocation of heavy metals by *Plantago major* L. grown in contaminated soils under the effect of traffic pollution. *Ecological Indicators.* 2015. 48. p. 244–251. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.08.013
14. Komarova I. *Taraxacum officinale* Wigg. as a bioindicator of heavy metals accumulation in soil of the mining and metallurgical region. *Ecological Sciences.* 2020. N 33. p. 172–177. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.6-33.26>.
15. Malizia D., Giuliano A., Ortaggi G., Masotti A. Common plants as alternative analytical tools to monitor heavy metals in soil. *Chem Central J.* 2012. 6 (Suppl 2):S6. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-S2-S6>
16. Pico Y., Campo J., Alfarhan A.H., El-Sheikh M.A., Barcelo D. Wild and ruderal plants as bioindicators of global urban pollution by air, water and soil in Riyadh and Abha, Saudi Arabia. *Science of The Total Environment.* 2023. Vol. 888. 164–166. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164166>.
17. Rahmonov O., Srodek D., Pytel S., Kupka T., Makieieva N. Mineral Composition of *Chelidonium majus* L. and Soils in Urban Areas. *Applied Sciences.* 2025. 15(9): 4718. <https://doi.org/10.3390/app15094718>.
18. Respondek Z, Isinkaralar O, Swistowski P, Isinkaralar K, Rajfur M. Biomonitoring with the Use of the Herbal Plant *Taraxacum officinale* as a Source of Information on Environmental Contamination. *Plants* (Basel). 2024. 29; 13(13). p.1805. <https://doi.org/10.3390/plants13131805>.
19. Salinitro M., Tassoni A, Casolari S, de Laurentiis F, Zappi A, Melucci D. Heavy Metals Bioindication Potential of the Common Weeds *Senecio vulgaris* L., *Polygonum aviculare* L. and *Poa annua* L. *Molecules.* 2019. 24(15): 2813. <https://doi.org/10.3390/molecules24152813>.
20. Tarish M., Ali RT., Shan M., Amjad Z., Rui Q., Akher SA., Al Mutery A. Plant Tissues as Biomonitoring Tools for Environmental Contaminants. *International Journal of Plant Biology.* 2024. 15(2). p. 375-396. <https://doi.org/10.3390/ijpb15020030>.
21. Vural A. Trace element accumulation behavior, ability, and propensity of *Taraxacum officinale* F. H. Wigg (dandelion). *Environmental Science and Pollution Research.* 2024. Vol. 31. p. 16667–16684. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32293-2>

Дата першого надходження статті до видання: 02.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 24.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026