

Борщевська І. М. [1; ORCID ID: 0009-0002-7036-8102],

к.с.-г.н., доцент,

Бєдункова О. О. [1; ORCID ID: 0000-0003-4356-4124],

д.б.н., професор,

Турчин Я. П. [1; ORCID ID: 0009-0002-3107-0186],

аспірант

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИН У ЯКОСТІ БІОІНДИКАТОРІВ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ *TARAXACUM OFFICINALE*)

У статті розглянуто особливості використання рослин як біоіндикаторів стану урбанізованого середовища на прикладі виду *Taraxacum officinale*. Обґрунтовано актуальність застосування біоіндикаційних підходів для оцінювання рівня антропогенного навантаження в умовах міських екосистем, що зазнають інтенсивного техногенного впливу. Проаналізовано сучасні наукові підходи до використання рослинних організмів як індикаторів забруднення атмосферного повітря, ґрунту та води. Встановлено, що кульбаба лікарська характеризується широким поширенням, високою чутливістю до дії забруднювачів та здатністю акумулювати токсичні речовини, що робить її перспективним об'єктом біоіндикації.

Особливу увагу приділено аналізу морфологічних змін пилкових зерен як інформативного показника екологічного стану довкілля. Показано, що під впливом техногенного забруднення зростає частка стерильного, деформованого та тератоморфного пилку, що може використовуватись для кількісної оцінки рівня антропогенного навантаження. Описано методичні підходи до визначення життєздатності пилку за допомогою йодного забарвлення, що дозволяє проводити дослідження без використання складного лабораторного обладнання.

Доведено, що біоіндикація з використанням у якості біомонітора виду *Taraxacum officinale* є доступним, економічно доцільним і достатньо точним методом моніторингу стану навколишнього середовища. Отримані результати можуть бути використані для оцінки якості міського середовища, планування природоохоронних заходів та вдосконалення систем екологічного моніторингу.

Ключові слова: біоіндикація; урбоекосистема; *Taraxacum officinale*; пилок рослин; антропогенне забруднення; екологічний моніторинг.

Постановка проблеми. Міські екосистеми є одними з найбільш трансформованих природних систем, оскільки вони зазнають значного впливу господарської та техногенної діяльності людини. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває пошук надійних індикаторів для оцінювання стану антропогенно зміненого середовища. Одним із важливих компонентів таких досліджень є рослинний покрив, який чутливо реагує на різні форми забруднення довкілля. Саме тому рослини широко використовують як біоіндикатори, здатні відображати рівень і характер впливу техногенних факторів, зокрема атмосферного забруднення. Індикаторні рослини можуть застосовуватися як для виявлення окремих забруднювачів повітря, так і для комплексної оцінки екологічного стану природного середовища.

Важливим завданням сучасної екології є вивчення впливу антропогенного забруднення на функціонування рослинних організмів, особливо в умовах урбоекосистем. Такий вплив здатний суттєво змінювати фізіологічні та морфологічні процеси у рослинах, що проявляється у формуванні специфічних адаптаційних реакцій. Ці реакції відображають ступінь пристосованості рослин до умов середовища з різними рівнями техногенного навантаження та можуть слугувати критерієм стійкості виду до забруднення.

Для прогнозування екологічного стану довкілля важливими є показники акумуляції забруднювальних речовин у рослинних тканинах, а також прояви фізіологічних і морфологічних змін у рослин-індикаторів. У несприятливих екологічних умовах рослини можуть реагувати появою морфологічних аномалій, некрозів листків, змін репродуктивних структур та мутаціями насіннєвого апарату. Зокрема, одним із чутливих показників впливу забруднення є порушення формування пилових зерен, що проявляється у появі їх деформованих або стерильних форм. У зв'язку з цим важливе значення для біологічної оцінки стану довкілля має дослідження морфологічних особливостей пилку рослин та його реакції на екологічну дестабілізацію, що може здійснюватися без використання дороговартісного обладнання.

Мета, завдання і методологія досліджень. Метою роботи є аналіз можливості використання виду *Taraxacum officinale* як біоіндикатора в умовах забруднення урбанізованої території міста.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання: 1) проаналізувати сутність методу біоіндикації в науковій літературі; 2) охарактеризувати основні принципи біоіндикації; 3) дослідити біоіндикаційні можливості використання рослинного організму, зокрема *Taraxacum officinale*, його морфологічних і спадкових властивостей на територіях з різним ступенем антропогенного навантаження. В роботі були використані методи аналізу, синтезу, порівняння та узагальнення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Неконтрольовані викиди забруднюючих речовин антропогенного характеру становлять велику загрозу для екологічного стану навколишнього природного середовища [1]. Тому пошук індикаторів для оцінки стану антропогенно трансформованого середовища є надзвичайно актуальним завданням на сьогодні. Виявити забруднення повітря вже на початкових його стадіях можуть допомогти рослини-індикатори. Це дозволить оцінити загальний екологічний стан міського середовища [2; 3].

Рослини-індикатори можуть вказувати на якість навколишнього середовища, зокрема забруднення повітря, ґрунту чи води. Вони також можуть реагувати на зміни в довкіллі шляхом зміни своїх фізіологічних, морфологічних особливостей, росту та розвитку, накопичувати в своїх органах важкі метали [4]. Для біоіндикації морфологічні зміни є дуже зручними, оскільки їх можна проводити без спеціально обладнаних лабораторій. Стан рослинного організму можна також оцінити шляхом аналізу величини флуктуючої асиметрії [17].

Рядом авторів встановлено, що викиди промислових підприємств та високий рівень автотранспортного руху негативно впливають на асиміляційний апарат хвойних рослин [5]. Іншими дослідниками було доведено, що наслідки хронічних впливів спричиняють уповільнення та припинення нормального росту та розвитку рослин, викликають хлороз, некроз тощо [6].

Рослини мають здатність акумулювати забруднюючі речовини у своїх тканинах, У містах має місце значне забруднення атмосферного повітря автотранспортом. Серед таких забруднювачів – оксид карбону, важкі метали, сполуки сульфуру, нітрогену тощо. Вони чинять негативний вплив на здоров'я людей і загалом на стан навколишнього

природного середовища [7–9].

Дослідниками були оцінені ефекти дії токсикантів на генеративну функцію та властивості насіння. За умов постійного і тривалого забруднення урбоєкосистем було виявлено зниження ваги та розмірів насіння, його життєздатності та схожості [10; 11].

Окремими дослідниками було доведено, що в результаті сукупного впливу різних чинників урбанізованого середовища рослини зазнають стресу. Свідченням цього є збільшення кількості аномальних та стерильних пилових зерен [12].

Ряд авторів використовує якість стану пилку рослин як індикатор забруднення навколишнього середовища [13]. Авторами було встановлено прямий зв'язок між рівнем забруднення довкілля та стерильністю пилку рослинних організмів. Техногенне забруднення впливає на формування і якість пилку та насіння. Тому зміни репродуктивних структур рослин є найбільш перспективними та доступними у підході до біоіндикації навколишнього середовища і виявляють велику чутливість до забруднювачів. Для здійснення оцінки ступеня техногенного навантаження середовища урбоєкосистем рядом дослідників було запропоновано синантропний вид ***Taraxacum officinale***. [3]. Проте, на території України такі дослідження є поодинокими, що обумовлює їх актуальність в умовах міського середовища.

Виклад основного матеріалу дослідження. Біоіндикація – це оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин). Рослини-індикатори мають ряд переваг (рис. 1).

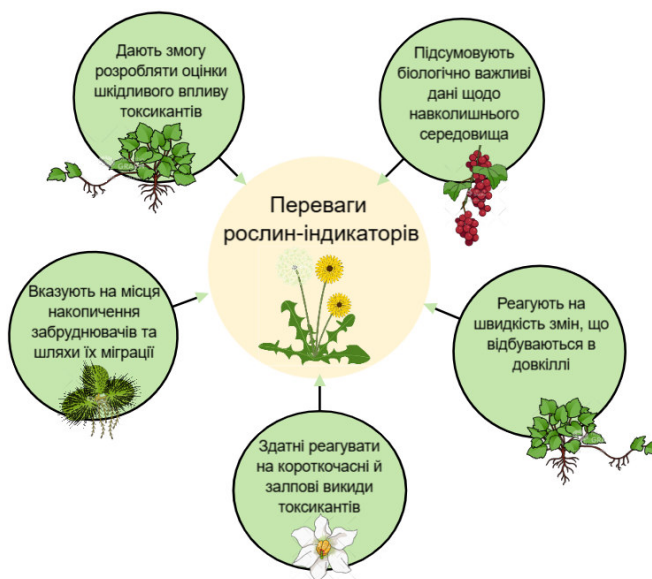


Рис. 1. Переваги рослин-індикаторів

Біоіндикаторами можуть бути організми, життєві функції яких тісно корелюють з певними чинниками середовища і можуть бути застосовані для їх оцінки. Рослини є невід'ємною складовою біоти урболандшафтів, тому цілком виправданим є використання їх у якості біоіндикаторів. Інтенсивний газообмін з довкіллям, велика площа контакту зумовлюють їх високу чутливість до дії різноманітних забруднюючих факторів, що дає можливість застосовувати їх для оцінювання мутагенних фізичних, хімічних та біохімічних чинників та забруднень довкілля (в т.ч. води, повітря, ґрунту тощо) [14].

Тому актуальною задачею є пошук простих у виконанні, достатньо інформативних методів діагностики техногенно забрудненого середовища [2]. Переваги біоіндикаційних методів: тести недорогі, короткотривалі, прості в застосуванні, високочутливі; не потребують складного обладнання.

Біоіндикаторами можуть бути представники усіх видів живої природи, які відповідають наступним умовам: бути типовим для даної території; мати високу чисельність; мати зручне розташування для відбору проб; характеризуватись позитивною кореляцією між індикаторним організмом і концентрацією забруднювача; мати короткий період розвитку, щоб можна було простежити вплив фактору

на наступні покоління [15; 14]. Таким вимогам відповідає *Taraxacum officinale* [1]. На території міст рослина дуже поширена.

Кульбаба лікарська *Taraxacum officinale* F.H.Wigg., 1780 належить до родини Айстрових (Asteraceae). За морфологічною характеристикою це багаторічна трав'яниста рослина. Корінь товстий, стрижневий або висхідний, звичайно розгалужений, досягає 50 см завдовжки, листки численні, притиснуті до ґрунту або ж прямостоячі, довгасто-обернено-яйцевидні, гострі або тупі, до основи звужені, 5–30 см завдовжки. За формою листки дуже поліморфні, струговидно надрізані, квітконоси товстуваті, 10–30 см заввишки, кошики невеликі, 2–3,5 см завдовжки. Квітки зібрані у великі кошики. Поліморфний вид. Цвіте у квітні-серпні. У практичному аспекті це медоносна, харчова, технічна рослина. Широко використовується в офіційній та народній медицині. Є кормом диких мисливських копитних, причому як листя, так і корені. Загальний ареал поширення представлений у Європі, Сибіру, Західній Азії, Китаї. Має повсюдне географічне поширення та місцезростання в Україні. У лісах, по лісових дорогах, на зрубках, галявинах та луках, у рудеральних екотопах. За основними екологічними характеристиками це тіньовитривалий вид, мезотроф, мезофіт з ареалами в межах свіжих та вологих сугруд та груд.

Taraxacum officinale проростає як бур'ян на лісокультурних площах, у парках і лісопарках, на пустирях, поблизу помешкань, доріг. Хімічний склад рослини має унікальні властивості, зокрема її молочний сік містить гіркі глікозиди, тараксацин і тараксацерин, смолисті речовини, віск. У кульбаби велика здатність розповсюджуватися. Одна рослина може приносити до 7000 насінин [19].

У багатьох роботах стверджується, що пилок *Taraxacum officinale* також є біоіндикаційною ознакою, за допомогою якої можна визначити забрудненість територій [17; 2]. Було з'ясовано, що в результаті дії викидів забруднюючих речовин в атмосферу рослини *Taraxacum officinale* зазнають стресу, про що свідчить збільшення частки аномальних форм пилкових зерен та спостерігається зниження фертильності пилку.

Рядом авторів доведено, що при антропогенних впливах у статевих клітинах рослин збільшується кількість стерильних зерен пилку та зростає частота мутацій [16].

Пилок – це клітини генеративної сфери рослин. Відомо, що велика кількість тератоморфних (з патологіями у розвитку) пилкових

зерен – від 45 до 100% зафіксовано на територіях з високим рівнем загазованості транспортними вихлопами, наявністю великої кількості промислових підприємств і перевищенням у ґрунтах ГДК кадмію, свинцю, цинку. Зокрема, дослідження [20] показують, що під впливом техногенного забруднення у *Taraxacum officinale* відбуваються помітні зміни у стані чоловічого гаметофіту. Зі зростанням рівня антропогенного навантаження збільшується частка нежиттєздатного та стерильного пилку, а також кількість морфологічно деформованих пилкових зерен. Інформативними показниками чутливості пилку до забруднення виявився також індекс стерильності та показник палінотоксичного ефекту [21].

Такі зміни свідчать про можливість використання пилку кульбаби лікарської як індикатора стану атмосферного середовища та для оцінювання рівня антропогенного впливу. Чим гірша екологічна обстановка, тим вищий відсоток вмісту патологічно розвинутого пилку і навпаки [22].

Особливе значення має можливість рослин реалізувати свою репродуктивну функцію. У різних районах залежно від ступеня їх забруднення, пилки може якісно відрізнятися. Розрізняють аномальні (абортивні) та нормальні пилкові зерна (таблиця).

Таблиця

Основні відмінності між нормальними та абортивними пилковими зернами [18]

Відмінні риси	Нормальні пилкові зерна	Абортивні пилкові зерна
інтенсивність забарвлення розчином йоду	інтенсивно забарвлені	не забарвлені або слабо забарвлені
за розміром	однакові	різні
за формою	однакові	неправильної форми

Окрім типових зерен на забруднених територіях можна виявити значну кількість тератоморфних зерен з відхиленнями: потовщеними верхніми оболонками, розривами, заповненням повітрям (рис. 2).

Пилкові зерна є чоловічим гаметофітом в усіх вищих рослин і характеризуються рядом особливостей – одноклітинністю, гаплоїдним набором хромосом, участю в процесах запилення і запліднення.

Рослини, на відміну від тварин, при настанні несприятливих умов не здатні переміститися на нове, більш сприятливе місце існування і

тому протягом всього життєвого циклу піддаються їх впливу, що відображається на морфофізіологічній якості пилку.

Під час запилення пилкові зерна своєю оболонкою безпосередньо контактують з навколишнім середовищем, вони не захищені ніякими іншими біологічними структурами і можуть піддаватися всьому комплексу негативних умов, що створилися: високій або низькій температурі, вологості повітря, ультрафіолетовому випромінюванню. Тому на забруднених територіях відзначається збільшення питомої частки тератоморфного і стерильного пилку у рослин [24].

В основі методу дослідження стерильності пилкових зерен лежить визначення наявності крохмалю в пилку рослини-біоіндикатора за допомогою йодного розчину, наявність якого вказує на життєздатність пилку. При розгляданні під мікроскопом життєздатні (фертильні) пилкові зерна повністю заповнені крохмалем і виглядають як інтенсивно зафарбовані, а стерильні, відповідно, слабо зафарбовані, майже прозорі (рис. 3).

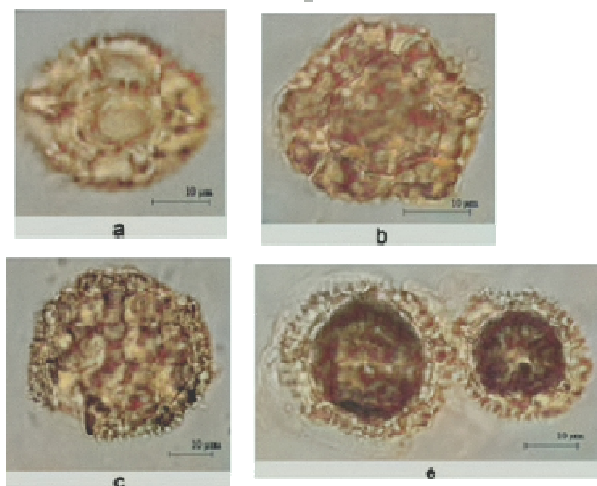


Рис. 2. Пилкові зерна *Taraxacum officinale*: а – типове пилкове зерно;
в – тератоморфне пилкове зерно з потовщеною оболонкою;
с – тератоморфне пилкове зерно із розірваними лакунами;
е – тератоморфні пилкові зерна, заповнені повітрям [23]

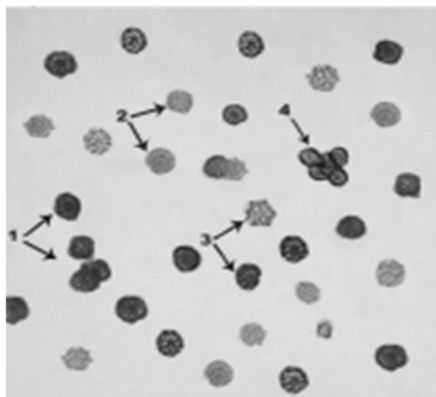


Рис. 3. Життєздатність та морфологічна будова пилових зерен *Taraxacum officinale* на території з техногенним навантаженням:

- 1 – фертильні зерна; 2 – стерильні зерна; 3 – морфологічно змінені;
4 – лінзовидні; 5 – вигляд пилового зерна в нормі [25]

Очевидно, що за допомогою аналізу особливостей зовнішньої будови пилових зерен, визначення ступеня їх фертильності і життєздатності, можна отримати уявлення про загальний рівень екологічного стану антропогенно змінених територій.

Висновки. Таким чином, рослини-біоіндикатори через свою відповідь на зміни у морфології, фізіології, спадковому апараті можуть бути важливими інструментами для моніторингу якості навколишнього середовища.

В результаті проведених досліджень дослідниками були виявлені багаточисельні відхилення в морфології пилових зерен *Taraxacum officinale*. Широке розповсюдження на урбанізованій території дозволяє використати пилок даної рослини як біоіндикатор для подальшого моніторингу навколишнього середовища в межах міста.

Біоіндикація за допомогою пилку на території міста може стати складовою частиною недорогоговартісного моніторингу стану навколишнього середовища, а за її результатами буде здійснено розробку заходів щодо зниження рівня забруднення.

Проаналізувавши суть методу біоіндикації, можна зробити висновок, що це оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів.

Біоіндикаційний метод має багато переваг перед інструментальними методами. Він ефективний, не вимагає витрат і дає можливість аналізувати стан навколишнього середовища протягом тривалих періодів часу.

Результати проведених досліджень можуть послугувати для оцінки рівня забруднення території міста, планування природоохоронних заходів, розробки рекомендацій, спрямованих на оптимізацію навколишнього природного середовища та екологічної освіти.

Цим обґрунтовано подальше та детальніше дослідження виду *Taraxacum officinale* як біоіндикатора на урбанізованих територіях з метою визначення сумарного рівня забруднення атмосферного повітря.

Отже, проведені дослідження підтверджують можливість використання *Taraxacum officinale* як рослини-індикатора, оскільки вона чітко реагує на вплив забруднюючих речовин шляхом видимих морфологічних змін та збільшення кількості абортівних пилоквих зерен.

1. Бессонова В. П., Пономарьова О. А. Морфометричні показники та вміст пластидних пігментів хвої *Picea pungens* Engelm залежно від відстані до автошляху. *Biosystems Diversity*. 2017. С. 96–101. 2. Чемерис І. А., Загоруйко Н. В., Конякін С. М. Фітомоніторинг викидів автотранспорту в умовах міського середовища. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. № 3. С. 141–146. 3. Глухов О. З., Прохорова С. І. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин. *Промислова ботаніка*. 2008. Вип. 8. С. 3–11. 4. Slavka Stankovic, Predrag Kalaba, Ana R. Stankovic. Biota as toxic metal indicators. *Green Materials for Energy, Products and Depollution*. 2013. Vol. 476. P. 151–228. 5. Калінін М. І., Єлісєєв В. В. Біометрія : підручник для студентів вузів біологічних та екологічних напрямків. Миколаїв : МФ НАУКМА, 2000. 204 с. 6. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування. Кременчук : ПП Щенбатих О. В., 2016. 76 с. 7. Хом'як І. В., Демчук Н. С., Василенко О. М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. 2008. № 3(22). С. 113–118. 8. Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. Моніторинг довкілля : підручник для студ. вищих навч. закладів. 2-ге вид., переробл. та допов. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с. 9. Кейван М. П., Тертична О. В., Кейван О. П. Використання рослин-біоіндикаторів для екологічного оцінювання атмосферного повітря в зоні розташування птахофабрики. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. № 22. С. 109–113. 10. Глухов О. З., Сафонов А. Л., Хижняк Н. А. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. Донецьк : Норд-Пресс, 2006. 360 с. 11. Миленька М. М. Життєздатність пилку деревних рослин як критерій якості навколишнього середовища. *Екологія та ноосферологія*. 2009. № 1–2. Т. 20. С. 181–187. 12. Кудрявська Т. Б., Дичко А. О. Метод оцінки та прогнозування впливу техногенного забруднення на повітря

урбоекосистеми. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. № 1/10 (67). С. 4–7. **13.** Бессонова В. П., Грицай З. В., Лиженко І. І. Можливості оцінки екологічної ситуації у промисловому місті за гаметоцидною дією на рослини промислових емісій. *Екологія і освіта*. Умань, 1994. С. 49– 51. **14.** Хом'як І. В., Демчук Н. С., Василенко О. М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. 2008. № 3(22). С. 113–118. **15.** Гончаренко І. В. Фітоіндикація антропогенного навантаження: монографія. Дніпро : Середняк Т. К., 2017. 127 с. **16.** Дідух Я. П., Полюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ : Наук. думка, 1994. 280 с. **17.** Клименко М. О., Борщевська І. М., Турчина К. П., Клименко Л. В. Оцінка якості середовища міста Рівного за показниками флуктуючої асиметрії. *Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 2(110). С. 107–120. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220258>. **18.** Дем'яненко Т. Б., Дичко А. О. Визначення стану повітряного середовища міста Черкаси за допомогою пилкових зерен кульбаби лікарської. *Вісник НТУУ «КПІ»*. Сер. Гірництво. 2009. Вип. 1. С. 140–143. **19.** Краснов В. П., Орлов О. О., Ведмідь М. М. Атлас рослин-індикаторів і типів лісорослинних умов Українського Полісся : монографія. Новоград-Волинський : [НОВОград], 2009. 487 с. **20.** Гришко В. М., Комарова І. О. Біоіндикація атмосферного забруднення за реакцією пилкових зерен *Taraxacum officinale* (на прикладі м. Кривий Пір). *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2016. № 5/1(22). С. 15–20. DOI: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.69276>. **21.** Мірошник Н. В., Ліханов А. Ф., Матяшук Р. К., Мазура М. Ю. та ін. Біоіндикаційна оцінка стану паркових екосистем міста Києва / ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України». Київ : Академперіодика, 2023. 200 с. **22.** Mazura M., Miroshnyk N., Teslenko I. Using of *Taraxacum officinale* (L.) pollens for the urban park bioindication. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, no. 5. P. 49–53. URL: https://doi.org/10.15421/2020_205. **23.** Dzyuba O. F. Pollen Angiosperms Teratomorphs as the Result of an Ecological Stress under Conditions of a Large City. XV Int. Botanical Congress : Abstr. Yokohama : Japan, 1993. P. 247, P. 287. **24.** Kozlowski T. T., Pallardy S. G. Environmental Regulation of Reproductive Growth. *Growth Control in Woody Plants*. 1997. P. 323–351. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-012424210-4/50006-1>. **25.** Комарова І. О. Еколого-біологічні особливості *Taraxacum officinale* Wigg за дії забруднення важкими металами в умовах промислового Криворіжжя : автореф. дис. ... канд. біолог. наук. Дніпро, 2019. 27 с.

REFERENCES:

1. Bessonova V. P., Ponomarova O. A. Morfometrychni pokaznyky ta vmist plastydnykh pihmentiv khvoi Pisea pungens Engelm zalezno vid vidstani do avtoshliakhu. *Biosystems Diversity*. 2017. S. 96–101.
2. Chemerys I. A., Zahoruiko N. V., Koniakin S. M. Fitomonitorynh vykydiv avtotransportu v umovakh miskoho seredovyscha. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekolohii*. 2013. № 3. S. 141–146.
3. Hlukhov O. Z., Prokhorova S. I. Indykatsiia stanu tekhnohennoho seredovyscha za

morfolohichnoiu minlyvistiu rosllyn. *Promyslova botanika*. 2008. Vyp. 8. S. 3–11. **4.** Slavka Stankovic, Predrag Kalaba, Ana R. Stankovic. Biota as toxic metal indicators. *Green Materials for Energy, Products and Depollution*. 2013. Vol. 476. P. 151–228. **5.** Kalinin M. I., Yeliseiev V. V. Biometriia : pidruchnyk dlia studentiv vuziv biolohichnykh ta ekolohichnykh napriamkiv. Mykolaiv : MF NaUKMA, 2000. 204 s. **6.** Nykyforov V. V., Dihtiar S. V., Maznytska O. V., Kozlovska T. F. Bioindykatsiia ta biotestuvannia. Kremenchuk : PP Shchenbatykh O. V., 2016. 76 s. **7.** Khomiak I. V., Demchuk N. S., Vasylenko O. M. Fitoindykatsiia antropohennoi transformatsii ekosystem na prykladi Ukrainiskoho Polissia. *Ekolohichni nauky : naukovo-praktychnyi zhurnal*. 2008. № 3(22). S. 113–118. **8.** Boholiubov V. M., Klymenko M. O., Mokin V. B. Monitorynh dovkillia : pidruchnyk dlia stud. vyshchykh navch. zakladiv. 2-he vyd., pererobl. ta dopov. Vinnytsia : VNTU, 2010. 232 s. **9.** Keivan M. P., Tertychna O. V., Keivan O. P. Vykorystannia rosllyn-bioindykatoriv dlia ekolohichnoho otsiniuvannia atmosferneho povitria v zoni roztashuvannia ptakhofabryky. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2012. № 22. S. 109–113. **10.** Hlukhov O. Z., Safonov A. L., Khyzhniak N. A. Fitoindykatsiia metalopresynhu v antropohenno transformovanomu seredovyshchi. Donetsk : Nord-Press, 2006. 360 s. **11.** Mylenka M. M. Zhyttiezdatnist pylku derevnykh rosllyn yak kryterii yakosti navkolyshnoho seredovyshcha. *Ekolohiia ta noosferolohiia*. 2009. № 1–2. T. 20. S. 181–187. **12.** Kudriavska T. B., Dychko A. O. Metod otsinky ta prohnozuvannia vplyvu tekhnohennoho zabrudnennia na povitria urboekosystemy. *Vostochno-Evropeiskyi zhurnal peredovykh tekhnolohyi*. 2014. № 1/10 (67). S. 4–7. **13.** Bessonova V. P., Hrytsai Z. V., Lyzhenko I. I. Mozhlyvosti otsinky ekolohichnoi sytuatsii u promyslovomu misti za hametotsydnoiu diieiu na roslyny promyslovykh emisii. *Ekolohiia i osvita*. Uman, 1994. S. 49–51. **14.** Khomiak I. V., Demchuk N. S., Vasylenko O. M. Fitoindykatsiia antropohennoi transformatsii ekosystem na prykladi Ukrainiskoho Polissia. *Ekolohichni nauky : naukovo-praktychnyi zhurnal*. 2008. № 3(22). S. 113–118. **15.** Honcharenko I. V. Fitoindykatsiia antropohennoho navantazhennia: monohrafiia. Dnipro : Seredniak T. K., 2017. 127 s. **16.** Didukh Ya. P., Poliuta P. H. Fitoindykatsiia ekolohichnykh faktoriv. Kyiv : Nauk. dumka, 1994. 280 s. **17.** Klymenko M. O., Borshchevska I. M., Turchyna K. P., Klymenko L. V. Otsinka yakosti seredovyshcha mista Rivnoho za pokaznykamy fluktuiuchoi asymetrii. *Visnyk natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky*. 2025. Vyp. 2(110). S. 107–120. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220258>. **18.** Demianenko T. B., Dychko A. O. Vyznachennia stanu povitrianoho seredovyshcha mista Cherkasy za dopomohoiu pylkovykh zeren kulbaby likarskoi. *Visnyk NTUU «KPI». Ser. Hirnytstvo*. 2009. Vyp. 1. S. 140–143. **19.** Krasnov V. P., Orlov O. O., Vedmid M. M. Atlas rosllyn-indykatoriv i typiv lisoroslynnykh umov Ukrainiskoho Polissia : monohrafiia. Novohrad-Volynskiy : [NOVOhrad], 2009. 487 c. **20.** Hryshko V. M., Komarova I. O. Bioindykatsiia atmosferneho zabrudnennia za reaktsiieiu pylkovykh zeren *Taraxacum officinale* (na prykladli m. Kryvyi Rih). *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2016. № 5/1(22). S. 15–20. DOI: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.69276>. **21.** Miroshnyk N. V., Likhanov A. F., Matiashuk R. K., Mazura M. Yu. ta in. Bioindykatsiina otsinka stanu parkovykh ekosystem mista Kyieva / DU «Instytut evoliutsiinoi ekolohii NAN Ukrainy». Kyiv : Akademperiodyka, 2023. 200 s. **22.** Mazura M., Miroshnyk N., Teslenko I. Using of *Taraxacum officinale* (L.) pollens for the urban park bioindication. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, no. 5. P. 49–53. URL: https://doi.org/10.15421/2020_205. **23.** Dzyuba O. F. Pollen Angiosperms Teratomorphs as the Result of an Ecological Stress under Conditions of a Large City. XV Int. Botanical Congress : Abstr. Yokohama : Japan, 1993. P. 247, P. 287.

24. Kozłowski T. T., Pallardy S. G. Environmental Regulation of Reproductive Growth. *Growth Control in Woody Plants*. 1997. P. 323–351. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-012424210-4/50006-1>. 25. Komarova I. O. Ekologo-biologichni osoblyvosti *Taraxacum officinale* Wigg za dii zabrudnennia vazhkymy metalamy v umovakh promyslovoho Kryvorizhzhia : avtoref. dys. ... kand. bioloh. nauk. Dnipro, 2019. 27 s.

Borshchevska I. M. [1; ORCID ID: 0009-0002-7036-8102],

Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,

Biedunkova O. O. [1; ORCID ID: 0000-0003-4356-4124],

Doctor of Biological Sciences, Professor,

Turchyn Ya. P. [1; ORCID ID: 0009-0002-3107-0186],

Post-graduate Student

¹*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

FEATURES OF THE USE OF PLANTS AS BIOINDICATORS OF THE URBAN ENVIRONMENT (USING THE EXAMPLE OF *TARAXACUM OFFICINALE*)

The article examines the features of using plants as bioindicators of the state of the urban environment using *Taraxacum officinale* as a model species. This study aims to analyze the potential of *Taraxacum officinale* as a bioindicator for assessing environmental pollution levels in urbanized areas, focusing on morphological and reproductive characteristics, particularly pollen quality and viability. The relevance of applying bioindication approaches to assess the level of anthropogenic pressure in urban ecosystems subjected to intensive technogenic impacts is substantiated. Modern scientific approaches to using plants as indicators of air, soil, and water pollution are analyzed. It has been established that dandelion (*Taraxacum officinale*) is characterized by a wide distribution, high sensitivity to pollutants, and the ability to accumulate toxic substances, making it a promising indicator for bioindication.

Special attention is paid to the analysis of morphological changes in pollen grains as an informative indicator of environmental conditions. It is shown that under the influence of technogenic pollution, the proportion of sterile, deformed, and teratomorphic pollen increases, which can be used for quantitative assessment of anthropogenic load. Methodological approaches for determining pollen viability using iodine staining are described, enabling research without complex laboratory equipment.

It has been proven that bioindication using *Taraxacum officinale* is a cost-effective, accessible, and sufficiently accurate method for environmental monitoring. The obtained results can be used to assess urban environmental quality, plan environmental protection measures, and improve ecological monitoring systems.

Keywords: bioindication; urban ecosystem; *Taraxacum officinale*; plant pollen; anthropogenic pollution; environmental monitoring.

Отримано / Received: 20.03.2026

Прийнято до друку / Accepted: 22.04.2026

Опубліковано / Published: 29.05.2026

