

7. Голубець М.А. Урбанізація, її соціальна суть та екологічні наслідки. *Урбанізація як фактор змін біогеоценологічного покриву* [ред. кол. : М. А. Голубець (відп. ред.) та ін.]. Львів: Академічний експрес. 1994. С. 3–5.

8. Дедю І.І. Екологічний енциклопедичний словник. Кишинів. 1989.

9. Мусієнко М.М та ін. Екологія. Охорона природи. Тлумачний словник. К.: Либідь, 2004. 376 с.

УДК 656.13:504.61

ФІТОІНДИКАЦІЯ АНТРОПОГЕННИХ ВПЛИВІВ ЗА МОРФОЛОГІЧНИМИ ЗМІНАМИ РОСЛИН

Поліщук С.Ф. – студент спеціальності 101 “Екологія” ступеня вищої освіти “Магістр” КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”

Науковий керівник: **Серебряков В.В.** – доктор біологічних наук, професор кафедри екології, природничих та математичних наук КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”

***Анотація:** У статті досліджуються можливості використання фітоіндикації як методу оцінки антропогенних впливів на довкілля шляхом аналізу морфологічних змін рослин. Фітоіндикація — це науковий підхід, що базується на вивченні реакції рослин на різноманітні зовнішні фактори, включаючи забруднення повітря, ґрунту, води та інші екологічні зміни. Морфологічні зміни, такі як зміна форми листків, розмірів пагонів, інтенсивності росту або відхилення у формуванні репродуктивних органів, часто слугують індикаторами погіршення екологічного стану території. Особливу увагу приділено видам рослин-індикаторів, що є чутливими до різних забруднювачів (важкі метали, пестициди, промислові викиди тощо). Дослідження підкреслює значення фітоіндикації як недорогого, ефективного та екологічно безпечного методу моніторингу стану довкілля. Результати можуть бути корисними для оцінки рівня антропогенного навантаження на природні екосистеми та розробки заходів з їх охорони.*

***Ключові слова:** фітоіндикація, антропогенні впливи, морфологічні зміни, рослини-індикатори, екологічний моніторинг.*

***Abstract** The article explores the potential of using phytomonitoring as a method for assessing anthropogenic impacts on the environment through the analysis of morphological changes in plants. Phytomonitoring is a scientific approach based on studying plants' responses to various external factors, including air, soil, and water pollution, as well as other environmental changes. Morphological changes, such as alterations in leaf shape, shoot size, growth intensity, or deviations in the development of reproductive organs, often serve as indicators of environmental degradation. Special attention is given to indicator plant species that are sensitive to various pollutants (heavy metals, pesticides, industrial emissions, etc.). The study emphasizes the significance of phytomonitoring as a low-cost, effective, and environmentally friendly method for environmental monitoring. The results can be useful for assessing the level of anthropogenic pressure on natural ecosystems and for developing measures to protect them.*

***Key words:** phytomonitoring, anthropogenic impacts, morphological changes, indicator plants, environmental monitoring.*

Постанова проблеми. Антропогенний вплив на природне середовище значно зріс за останні десятиліття через інтенсивний розвиток промисловості, сільського господарства, транспорту та урбанізації. Наслідком цього є погіршення екологічного стану природних екосистем, зокрема забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосфери. У таких умовах виникає необхідність розробки доступних, ефективних і швидких методів оцінки екологічного стану довкілля, які б дозволяли оперативно виявляти зони екологічного ризику.

Одним із таких підходів є *фітоіндикація*, яка ґрунтується на аналізі реакції рослин на вплив несприятливих екологічних факторів. Рослини є чутливими до змін навколишнього середовища і можуть сигналізувати про наявність забруднень чи інших порушень, відображаючи це у своїй морфології, фізіології та анатомії.

Однак, попри високий потенціал фітоіндикації, її використання як інструменту екологічного моніторингу поки що обмежене через недостатньо систематизовані знання про чутливість різних видів рослин до специфічних забруднювачів і антропогенних факторів. Крім того, потребує уточнення методика аналізу морфологічних змін рослин для об'єктивної оцінки рівня антропогенного впливу.

Тому актуальним є вивчення морфологічних змін у рослин як індикаторів забруднення довкілля та антропогенного навантаження. Це дозволить розширити можливості використання фітоіндикації як ефективного інструменту екологічного моніторингу.

Мета статті – дослідження можливостей використання фітоіндикації для оцінки антропогенного впливу на природне середовище шляхом аналізу морфологічних змін рослин. Зокрема, увага приділяється виявленню видів рослин-індикаторів, здатних чутливо реагувати на різні типи забруднення, а також розробці методичних підходів до аналізу цих змін.

Об'єкт дослідження – рослини-індикатори, які демонструють морфологічні зміни під впливом антропогенного навантаження, а також екосистеми, що зазнають впливу різних типів забруднення для наземно-повітряного, ґрунтового і водного середовищ.

Предмет дослідження - морфологічні зміни у рослин, спричинені антропогенними факторами, та їхній потенціал для використання у фітоіндикації забруднення компонентів довкілля.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети було використано комплексний підхід, що включав польові дослідження із збиранням рослинного матеріалу в екосистемах, які зазнають антропогенного впливу. Проведено морфологічний аналіз для оцінки змін у зовнішній будові рослин, зокрема форми листків, розмірів пагонів і репродуктивних органів. Застосовувався порівняльний аналіз для виявлення відмінностей між рослинами, що зростають у зонах з різними рівнями забруднення.

Отримані дані були оброблені за допомогою статистичних методів для встановлення взаємозв'язку між морфологічними змінами рослин і антропогенними факторами. Для уточнення результатів використовували лабораторні методи, які дозволили дослідити анатомічні та фізіологічні особливості рослин.

Результати дослідження. Динамічна рівновага і стійкість біологічних систем тісно пов'язані з фітоіндикацією морфогенетичних змін рослин у відповідь на антропогенний вплив. На рівні організмів і екосистем вплив стресорів виділяється лише появою зовнішніх симптомів пошкодження (некрозу, хлорозу) після того, як порушується межа адаптаційних можливостей і система стає нестійкою. Для деяких стрес-факторів вже випробувані, а іноді й спеціально підібрані різні морфологічні індикатори, за допомогою яких можлива короткочасна чи довготривала індикація як при малих, так і при високих дозах їх впливу.

Макроскопічні зміни пов'язані зі змінами забарвлення листя, які в більшості випадків являють собою неспецифічну реакцію на різні стресори [4].

Хлороз - бліде забарвлення листя між жилками. Так (для рослин на відвалах, які залишаються після видобутку важких металів); пожовтіння країв або окремих

ділянок листя (у листяних дерев під впливом хлоридів); почервоніння (накопичення антоціанів у вигляді плям на листках смородини та гортензії під впливом SO₂); побуріння або бронзування (у листяних дерев - часто початкова стадія сильного некротичного ураження, у ялини і сосни - служить для подальшого дослідження димових пошкоджень). Зміна кольору, при якій характер пошкодження листя подібний до пошкодження морозом, часто є першими стадіями некрозу.

Некроз - відмирання обмежених ділянок тканини - важливі симптоми пошкодження при індикації, іноді специфічні. Розрізняють наступні види некрозу:

- крапельний і плямистий некроз - це відмирання тканин листової пластини у вигляді точок або плям, дуже характерними є сріблясті плями після впливу озону у тютюну сорту Bel W₃;

- міжжилковий некроз - відмирання листкової пластинки між бічними жилками першого порядку, зачасту під впливом SO₂;

- крайові некрози - характерні, чітко відмежовані форми, що з'являються у лип, пошкоджених кам'яною сіллю, що використовується для танення льоду. При поєднанні міжжилкових і крайових некрозів з'являються візерунки типу "риб'ячого скелета";

- верхівковий некроз (особливо в однодольних і хвойних), характерний темно-коричневий, різко обмежений некроз кінців хвої сосни та ялиці після впливу SO₂ або білий знебарвлений некроз кінчиків листя;

- некрози навколоплоднику, які утворюються після впливу SO₂ на насінневі плоди, особливо біля квіток. При розвитку некрозу спочатку спостерігається зміна забарвлення (під впливом SO₂ найчастіше утворюється брудно-зелений; пероксиацетилнітрату – розмочені водою; O₃ – плями з металевим блиском; хлоридів – хлороз). Після відмирання клітин уражені ділянки осідають, висихають і можуть буріти через виділення дубильних речовин (часто у дерев), або через кілька днів тьмяніти до білуватого кольору.

Під впливом етилену в теплицях відбувається передчасне в'янення: квітки гвоздики не розкриваються, а пелюстки орхідей в'януть.

Опадання листя (дефоліація) спостерігається в більшості випадків після некрозу або хлорозу. Прикладом може бути скорочення тривалості життя хвої, її осипання у ялини, скидання двоголкових укорочених пагонів у сосни, передчасне опадання листя у липи та каштана під впливом солі, яка використовується для розтоплення льоду, або в агрусу та смородини під впливом SO₂.

Зміна форми, кількості та положення органів. У листяних дерев після впливу радіоактивного випромінювання була відмічена аномальна конфігурація листя. Внаслідок місцевого некрозу характерні потворна деформації, витягування, набухання або скручування пагонів, зрощення або розщеплення окремих органів, збільшення або зменшення кількості частин квітки, зміни статі та інших аномалій розвитку під впливом гормональних гербіцидів або радіоактивного випромінювання.

Зміна напрямку, форми росту і розгалуження. У кульбаби відзначено зміну напрямку росту коренів при зміні рівня ґрунтових вод; у *Dyscranium polysetum* – утворення тонких пагонів і розгалуження; у липи при стійкому забрудненні атмосфери HCl або SO₂ спостерігаються куцисті та подушкоподібні форми росту; у хвойних, що уражаються димом – зрідження крони і зміна якості стовбура.

Зміна росту переважно неспецифічна, але широко використовується для індикації, оскільки є більш чутливим параметром, ніж некроз, і дозволяє

безпосередньо визначити зниження продуктивності рослин, які вирощує людина. Вони в основному вимірюють зміни радіального росту стовбура, зростання пагонів і листя в довжину, довжину коренів.

Зміна плодючості спостерігається у багатьох рослин, це може бути, наприклад, зниження утворення плодових тіл у лишайників [8].

Рослини, що знаходяться у зоні забруднення повітря сірчистим газом, інтенсивно накопичують у своїх тканинах сірку. Звісно, чим більше склад цього елемента в рослинах, тим сильніше пошкоджується листя. Спочатку на них з'являються опіки, потім листові пластини зморщуються, відмирають і відпадають. У рослин, які зазнали дії двоокису сірки, різко падає вміст хлорофілу, істотно порушується структура хлоропластів. Все це впливає на інтенсивність фотосинтезу, він різко послаблюється, що в свою чергу пригнічує ріст рослин, знижує врожайність, послаблює стійкість рослин до збудників хвороб. Рослини, у яких реакція на сірчистий газ проявляється різко і чітко, можуть бути індикаторами цього токсиканту. Таким індикатором можуть бути епіфітні лишайники, яким потрібне дуже чисте повітря, і найменше забруднення атмосфери, що не впливає на більшість вищих рослин, викликає їх масову загибель. Хвойні також страждають від сірчаного газу, під впливом якого хвоя сосни в сильно забруднених районах набуває темно-червоного забарвлення, яке поширюється від основи хвої до її гострого кінця, після чого хвоя відмирає і опадає. Однорічна трава має дуже високу чутливість до сірчаного газу (*Poa annua* L.) [8].

Фтор також є дуже шкідливим для рослин. Клітини рослин реагують на нього відразу після його проникнення в тканини. В першу чергу на рослинах з'являється хлороз, що супроводжується відмиранням листя (цитрусові, хвойні, рис, колеус, яблуня, груша). При індикації забруднення атмосфери фтором використовують рослини, особливо чутливі до фтору: цибуля, гладіолуси, ялина, квасоля, сосна. Ці рослини страждають вже при концентрації фтористого водню порядку $0,5 \text{ мкг/м}^3$, найбільш характерною ознакою ураження хвойних порід є побілка, а потім потемніння кінців голок [7].

Понад 40 хімічних елементів таблиці Менделєєва належать до важких металів. З точки зору забруднення навколишнього середовища, в основному ґрунтів, здатності до накопичення в продуктах харчування та токсичності Hg, Pb, Cd, Sn, Va, Zn, Sb, Cu, Ni, Mo, As і Co є найбільш важливою. Нижчі рослини, сфагнові мохи, лишайники вказують на забруднення атмосфери важкими металами. Під впливом надлишку певних елементів у природному середовищі змінюється забарвлення листя, квітів, плодів та інших органів вищих рослин.

Найчастіше при надлишку того чи іншого елемента виникає явище хлорозу – втрата зеленого кольору, що супроводжується пожовтінням, а іноді навіть побілінням листя. Такий хлороз викликається надлишком у ґрунті сполук алюмінію, марганцю, міді. Надлишок рухомого цирконію призводить до відмирання тканин листя, а між відмерлими ділянками можуть залишатися зелені зони. Поширення хлорозу від верхівки листа до основи зумовлене перенасиченням ґрунту цинком [8].

В результаті насичення тим чи іншим хімічним елементом змінюється і забарвлення квітів. Під впливом йоду починають переважати жовто-червоні відтінки. У разі підвищення марганцю в ґрунті квіти ряду рослин набувають нехарактерного жовто-червоного забарвлення, а гвоздики та айстри – темно-фіолетового. Під впливом міді пелюстки троянд з рожевих і жовтих стають

блакитними або навіть червоними. Наявність високих доз нікелю в ґрунті призводить до того, що оцвітина сон-трави стає білого кольору, а не фіолетового [9].

Специфічний вплив підкислення ґрунту на рослини (кислотні дощі) впливає на види, чутливі до кислоти; забруднення ґрунту пилом, що містить важкі метали - на рослинах з високою чутливістю до підвищеного вмісту цих елементів; шкода, спричинена сольовим стресом, впливає на фізіологічні та біохімічні реакції як чутливих до солі глікофітів, так і більш-менш стійких до солі галофітів.

Висновки. Динамічна рівновага біологічних систем пов'язана з реакцією рослин на антропогенний вплив, що проявляється у морфологічних змінах. Порушення адаптаційних можливостей призводить до симптомів пошкодження, таких як хлороз, некроз, дефоліація і деформації органів, які є ефективними індикаторами забруднення.

Зміни кольору листя (пожовтіння, почервоніння, побуріння) та некрози різних типів дозволяють ідентифікувати характер і джерело стресорів, таких як SO₂, фтор чи важкі метали. Аномалії росту та продуктивності рослин (зниження радіального росту, скорочення тривалості життя хвої, зменшення плодючості) відображають довготривалий вплив забруднювачів.

Накопичення токсичних речовин у тканинах рослин, як-от сірка, фтор і метали, викликає глибокі фізіологічні порушення, що пригнічують фотосинтез і стійкість рослин. Використання рослин-індикаторів, таких як лишайники, хвойні та *Роа анпіа* L., є важливим для моніторингу забруднення.

Морфологічні зміни рослин дають змогу створити надійну систему фітоіндикації для оцінки стану довкілля та виявлення зон екологічного ризику.

Список використаних джерел

1. Шевчук В.Я. та ін. Екологічне управління: Підручник. К.: Либідь, 2004.
2. Моніторинг навколишнього середовища: підручник / О.І. Федоренко, О.І. Бондар, А.В. Кудін. К., 2006. – 306 с.
3. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія: практичний курс. Частина 1. Чернівці: Рута, 2003. 320 с.
4. Мусієнко М.М. Екологія рослин: підручник. К., 2006. 344 с.
5. Екологія. Охорона природи: словник-довідник / М.М. Мусієнко, В.В. Серебряков. К.: Знання, 2007. 624 с.
6. Клименко М.О., Прищепка А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. К.: Академія, 2006. 360 с.
7. Калінін М.І., Єлісеєв В.В. Біометрія: Підручник. Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2000. 204 с.
8. Білявський Г.О. та інші. Основи екологічних знань: Навч. посібник. К.: Либідь, 2003. 336 с.
9. Джигирей В.С. Екологія то охорона навколишнього середовища: Навч. посібник. К.: Знання, 2000. 203 с.
10. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія. Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2003. 414 с.
11. Cowart N., Graham J. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig (*Ficus carica* L.). *Int J Plant Sci.* 1999. Vol. 160. P. 116–121.
12. Clarke G. Fluctuating asymmetry: a technique for measuring developmental stress of genetic and environment origin. *Acta Zool Fenn.* 1992. Vol. 191. P. 31–35.

13. Скакальський О. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2015. Вип. 4. С. 152–162.
14. Григора І.М., Соломаха В.А. Основи фітоценології. К.: Фітосоціоцентр, 2000. 240 с.
15. Юсипіва Т. Зміни анатомічних характеристик стебла однорічного пагона *Betula pendula* Roth. за дії антропогенного навантаження. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 72. С. 125–133.
16. Samecka-Cymerman A., Kolon K., Kempers A. Shot shoots of *Betula pendula* Roth as a bioindicators of urban environmental pollution in Wroclaw (Poland). *Trees*. 2009. Vol. 23. 923–929. DOI: 10.1007/s00468-009-0334-z.

УДК 504.06:630.22:630.18

Резнік Я.А. – студент спеціальності 101 “Екологія” ступеня вищої освіти “Магістр” КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”.

Науковий керівник: **Лавров В.В.** – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екології, природничих та математичних наук КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”

АНТРОПОГЕННІ ЗАГРОЗИ ЗБЕРЕЖЕННЮ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Анотація.** Висвітлено значення біорізноманіття, структуру природно-заповідного фонду і екологічної мережі Черкаської області. Охарактеризовано антропогенні загрози збереженню видів флори і фауни, об'єктів і територій природно-заповідного фонду. Запропоновано шляхи розв'язання цієї проблеми.*

***Ключові слова:** природно-заповідний фонд, охорона біорізноманіття, екологічна мережа, антропогенні загрози.*

***Abstract.** The importance of biodiversity, the structure of the nature reserve fund and the ecological network of the Cherkasy region are highlighted. Anthropogenic threats to the conservation of flora and fauna species, objects and territories of the nature reserve fund are characterized. Ways to solve this problem are proposed.*

***Key words:** nature reserve fund, biodiversity protection, ecological network, anthropogenic threats.*

Актуальність дослідження. Відомо, що стійкість екосистем залежить від збереженості еволюційно сформованого різноманіття видів, їх угруповань і зв'язків між ними характерних для певних умов. Тому збереження національних біотичних ресурсів є обов'язковою складовою сталого розвитку, необхідною основою сучасного розвитку суспільства і підтримуються на рівні державної політики [4-12, 16, 17]. Проте, часто діяльність людини порушує умови існування видів та біоценозів і тим самим спричиняє пригнічення їх життєдіяльності, а подекуди і їх загибель [3, 10, 12-14]. Фахівцями визнано, що найбільш ефективною формою збереження біотичного і ландшафтного різноманіття є екологічна мережа. Україна, у тому числі Черкащина беруть активну участь міжнародній співпраці з розбудови Смарагдової мережі, в Україні – мережі Емеральд [1, 2, 13, 14]. У Черкаській області у 2009-2011 рр. створено регіональну екомережу Центрального Придніпров'я. Її продовжують розвивати [1, 2, 15]. Проте, екологічні загрози об'єктам і територіям природно-заповідного фонду (ПЗФ) досі залишились не ліквідованими.