МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту
«___» _____ 2023 року
Зав. кафедри, к. с.-г. н.,
доцент
_____Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ М. ЖАШКІВ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 21м-зек
спеціальності 101 Екологія
МОРУС Тетяна Дмитрівна

Керівник: ВАСИЛЕНКО Ольга, к. с.-г. н.,
доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП…….....…….....3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА МЕТОДОМ БІОІНДИКАЦІЇ (огляд літератури)……..……..……..5
1.1. Основні джерела і чинники забруднення міського середовища……5
1.2. Екологічні основи біоіндикації…….7
1.3. Вплив аерополютантів на зелені насадження міст……...10
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..14
2.1. Кліматичні та погодні умови місцевості розміщення об'єкта дослідження…….14
2.2. Об'єкт дослідження.....16
2.3. Методика проведення досліджень…….....….....17
2.5. Охорона праці ……..20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…….....22
3.1. Морфометрична характеристика *Robinia pseudoacacia* L……22
3.2. Порівняльний аналіз репродуктивних структур рослин в умовах урбоекосистем…….25
3.3. Біоіндикація атмосферного повітря біля автошляхів за допомогою *Robinia pseudoacacia* L……26
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ……28
ВИСНОВКИ…….....30
ПРОПОЗИЦІЇ…….31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….....32
ДОДАТКИ……..37

ВСТУП

Актуальність теми. Невпинний процес урбанізації призводить до забруднення навколишнього середовища оскільки територія міст характеризується наявністю великої кількості джерел забруднення, їх нерівномірним розташуванням, а також досить складним поширенням забруднюючих речовин. Тому в останні роки особливо гостро постала проблема оцінки міського середовища через підвищення частки сполук, які характеризуються мутагенними властивостями [1].

Серед забруднювачів особливе місце займають аерополютанти, які є наслідком високого техногенного навантаження та порушення екосистем міста [2].

Тому важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста. В деякій мірі ці питання дозволяє вирішити біоіндикаційна оцінка. Рослинни чутливо реагують на зміну екологічних факторів і така реакція в багатьох випадках фіксується візуально. Саме за їх реакціями можна швидко та доступно встановити якість навколищнього середовища та стан атмосферного повітря зокрема. Крім того, використовуються опосередковані показники мутагенної дії, до яких відносять тест на визначення стерильності пилку [3].

Мета роботи полягає в біоіндикаційній оцінці атмосферного повітря урбанізованих територій на прикладі м. Жашків.

Для досягнення цієї мети поставлено такі **завдання**:

– оцінити морфометричні показники пагонів *R. pseudoacacia* на моніторингових ділянках;

– охарактеризувати зміни в асиміляційному апараті *R. Pseudoacacia* на моніторингових ділянках;

– проаналізувати індекс життєвого стану досліджуваних дерев на різних моніторингових ділянках;

– проаналізувати пилкові зерна *Robinia pseudoacacia* L. в урбоекосистемі м. Жашків;

– оцінити якість атмосферного повітря біля автошляху за допомогою аналізу бобів *Robinia pseudoacacia* L.

Наукове та практичне значення одержаних результатів полягає в комплексному дослідженні впливу забруднення атмосферного повітря на дерева *Robinia pseudoacacia* L.

Об'єктом дослідження є рослини *Robinia pseudoacacia* L. на території двох парків м. Жашків.

Апробація дипломної роботи була проведена на Всеукраїнській студентській науковій конференції у 2023 році (Додаток А).

РОЗДІЛ 1.
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА МЕТОДОМ БІОІНДИКАЦІЇ (огляд літератури)

1.1. Основні джерела і чинники забруднення міського середовища

Утворення промислових і міських агломерацій тісно взаємопов'язані з ростом промисловості, що неодмінно пов'язане з розширенням транспортного зв'язку та інтенсивними методами виробництва. Звісно це призводить до збільшення експлуатації природних ресурсів і до суттєвого впливу на зовнішнє середовище. Антропогенні компоненти мають посилену негативну дію на біологічні системи, котрі або пристосовуються до нових умов, витримують їх або приречені на вимирання [4].

Під забрудненням атмосфери розуміють потрапляння в неї речовин будь-якого походження, які або не властиві природному складу атмосфери, або знаходяться в концентраціях, що значно відрізняються від їх природного вмісту в атмосфері і, як правило, шкідливо впливають на живі організми та пригнічують їх життєдіяльність. Це, насамперед, стосується приземного шару атмосфери [5].

За походженням всі джерела забруднення атмосфери поділяють на природні й антропогенні [6]. До природних джерел забруднення атмосфери відносять виверження вулканів, лісові пожежі, поверхні вивітрювання тощо. Крім того, до природних джерел забруднення атмосфери відносять космічний пил, сонячне та космічне випромінювання тощо.

Серед основних джерел антропогенного забруднення особливу увагу слід приділяти викидам промислових підприємств та енергетичних систем. На цих підприємствах джерелами забруднення атмосфери є не утилізовані відходи, які утворюються в результаті обміну речовин та енергій підприємства та довкілля [7]. Серед основних забруднювачів атмосферного повітря виділяють оксиди вуглецю ($CO+CO_2$), діоксид сірки (SO_2), оксиди азоту, вуглеводні, пил, біологічні забруднення тощо.

За агрегатним станом забруднюючі атмосферу речовини поділяють на газоподібні, пароподібні (пари органічних розчинників), тверді й рідкі. Останні утворюють в повітрі аерозолі [8].

Крім того забруднювачі атмосферного повітря об'єднують в дві основні групи: матеріальні й енергетичні. У свою чергу, матеріальні забруднювальні атмосферу речовини поділяють на хімічно інертні (нетоксичні) та хімічно активні (токсичні).

Токсичними називають такі інгредієнти, які при перевищенні певних граничнодопустимих концентрацій (ГДК) спричиняють загибель живих істот або пригнічують їхню життєдіяльність, в тому числі впливають на здоров'я людей.

Нетоксичними є такі інгредієнти, які необхідні для розвитку живих організмів або вони не впливають на їхню життєдіяльність у межах певних концентрацій, що характерна для природного складу атмосферного повітря.

Значне відхилення від меж природних концентрацій нетоксичних інгредієнтів може здійснювати негативний вплив на живі організми [9]. Існує ще одна класифікація забруднюючих атмосферу речовин за характером впливу на живі організми.

Так виділяють п'ять основних груп забруднюючих речовин [10] :

- загальносоматичні, які при певній кількісній дії можуть викликати отруєння всього організму, наприклад, оксид вуглецю (II), пари меркурію, неорганічні сполуки свинцю, тощо;

- подразнювальні, які викликають подразнення дихальних шляхів та слизових оболонок, наприклад, оксиди сірки та азоту, озон, хлор тощо;

- алергени або сенсибілізуючі, тобто хімічно інертні речовини, які здатні викликати алергії та шкіряні захворювання типу екзем, наприклад, нетоксичний пил, квітковий пилок, тощо;

- канцерогенні, які викликають появу злоякісних пухлин, наприклад, бенз(а)пірен, азбест, сполуки хрому (VI), радон, тощо;

- мутагенні, які викликають небажані мутації в живих організмах, наприклад, радіонукліди, органічні сполуки свинцю, сполуки марганцю у вищих ступенях окислення, тощо.

Всі перераховані забруднюючі речовини викликають так зване матеріальне забруднення атмосфери, яке має негативний вплив як на живі організми так і неживу природу.

1.2. Екологічні основи біоіндикації

В зв'язку з глибокою трансформацією природного середовища, що здійснюється під дією антропогенного впливу, який за своїми масштабами вийшов на планетарний рівень, а за силою та швидкістю випереджають вплив природних факторів, загострюються і стають актуальними проблеми збереження екосистеми та біосфери в цілому [11, 12].

Визначення біологічно значимих антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань пов'язано з біоіндикацією. Значимість рослинного покриву якіндикатора стану екосистеми є в тому, що він дуже чутливо реагує на зміну екологічних факторів [13].

Достатньо важливим є те, що він відображує емерджентний характер змін властивостей екосистем в залежності від рівня їх організації.

Емерджентність – виникнення, поява нового (часто несподіване), в теорії систем – наявність у будь-якої системи особливих властивостей, не властивих її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не пов'язаних системоутвірними зв'язками; неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів. Такі ознаки визначають придатність біоіндикації для екологічних досліджень, експертиз, прогнозування поведінки, стану та розвитку екосистем [14].

Найбільшого впливу господарської діяльності людини зазнають екосистеми міста. Тому важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста. В деякій мірі ці питання дозволяє вирішити біоіндикаційна оцінка.

Біоіндикація використовується в екологічних дослідженнях, як метод виявлення антропогенного навантаження на біоценоз. Метод біоіндикаторів заснований на дослідженні впливу екологічних факторів, що змінюються, на різні характеристики біологічних об'єктів і систем. У якості біоіндикаторів вибирають найбільш чуттєві до досліджуваних факторів біологічні системи або організми [15].

Зміни в поводженні тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, прийнятими за еталон. Наприклад, при оцінці екологічного стану поверхневих вод у якості біоіндикаторів використовують спостереження за поводженням дафній, молюсків, деяких риб. Ряд рослин-індикаторів реагує на підвищені або знижені концентрації мікро- і макроелементів у ґрунті. Це явище використовується для попередньої оцінки ґрунтів, визначення можливих місць пошуку корисних копалин [16, 17].

Один зі специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища – біоіндикація, визначення ступеня забруднення геофізичних середовищ за допомогою живихорганізмів, біоіндикаторів. Живі індикатори не повинні бути занадто чуттєвими і занадто стійкими до забруднення. Необхідно, щоб у них був досить тривалий життєвий цикл [18].

Важливо, щоб такі організми були широко поширені по планеті, причому кожен вид повинний бути присвячений до визначеного місцеперебування. Лишайники цілком відповідають усім цим вимогам. Вони реагують на забруднення інакше, чим вищі рослини. Довгостроковий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає в лишайників такі ушкодження, що не зникають аж до загибелі їхніх сланей.

Це, видимо, зв'язане з тим, що лишайники відновляють свої клітини дуже повільно, у той час як у вищих рослин ушкоджені тканини заміняються новими досить швидко. Завдяки цілому ряду біологічних особливостей лишайники є добрими індикаторами зміни стану навколишнього середовища в умовах його забруднення двоокисом сірки, фторидами, лужним пилом, важкими металами [19, 20].

Біоіндикація має ряд переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу [21].

Розвиток організмів неодмінно пов'язаний із комплексом факторів, які створюють основу їх життя. Для будь якого організму в біосфері характерна наявність екологічної ніші, в якій знаходяться відповідні умови існування, та можуть нормально живитись та розмножуватись. Таким чином живі організми по відношенні до таких факторів є генетично детермінованим, філогенетично набутим, унікальним фізіологічним діапазоном толерантності, в межах якого цей фактор є для них оптимальним [22].

Якщо цей фактор відрізняється дуже високою або дуже низькою інтенсивністю, але не приводить до загибелі, то організм знаходиться в фізіологічному песимумі [23].

За рамками деякого мінімального або максимального значення фактора подальше життя неможливе. В обмеженій області інтенсивності фактора, яка особливо сприяє для даної особини, організм існує в умовах фізіологічного оптимуму. При широкій амплітуді толерантності організми називають евріпотентними, при вузькій – стенопотентними [24].

Коли життєві функції живих організмів або угрупування організмів тісно корелюють з певними факторами середовища і за їх відповідними реакціями на зміни цього середовища можна визначити його стан, то говорять про фітоіндикацію. Це змістовне визначення відноситься і до індикації природних умов місця мешкання в цілому, здійснюваною, наприклад, в сільському та лісовому господарстві по присутності рослин, які характерні для певного екотопу [25].

При фітоіндикації зміни біологічної системи завжди залежать як від антропогенних так і від природних факторів середовища. Ця система реагує на дію середовища в цілому у відповідності зі своєю схильністю, тобто такими внутрішніми факторами, як умови харчування, вік, генетично контрольована стійкість та вже присутні порушення. Якщо індикатор реагує значним

відхиленням життєвих проявів від норми, то він є чутливим фітоіндикатором [26].

Акумулятивні фітоіндикатори, навпаки, накопичують антропогенні впливи більшою частиною без швидкого виявлення порушень. Функції індикатора виконує той вид, який має вузьку амплітуду екологічної толерантності по відношенню до якого-небудь фактора. В більшості випадків це рослини - організми, які не здатні до активного переміщення [27].

Індикація екологічних умов проводиться на основі оцінки зміни як видового розмаїття організмів тієї чи іншої місцевості, так і їх хімічного складу, який відображує їх здатність накопичувати елементи та сполуки, які надходять з оточуючого середовища. Наприклад, оцінка стану оточуючого середовища по зміні кількості видів пов’язана з тим, що найбільш чуттєві до тих чи інших забруднюючих речовин види рослин зникають з біоценозу (лишайники в промислових центрах) або, навпаки, збільшують свою чисельність (синьо-зелені водорості при надходженні у водойми забруднюючих речовин з сільськогосподарських угідь) [28].

Отже, біоіндикація є складовою частиною екологічного моніторингу – системи спостереження за станом навколишнього середовища на певній території (від ділянки суші або водної поверхні до цілого континента) з метою раціонального використання природних ресурсів та охорони природи. Біологічний моніторинг включає аналіз та прогнозування зміни навколишнього середовища, рекомендації щодо покращення умов та оцінку його майбутнього стану. Одними з його об’єктів виступають рослини та їх угрупування.

1.3. Вплив аерополютантів на зелені насадження міст

Фітоценози, у своїй більшості, чутливо реагують на техногенне навантаження через зміну показників росту та як всієї рослини так і окремих її частин. Реакція рослин на присутність забруднювачів різна. Деякі види змінюють колір, розмір та край листка, в інших проявляється його асиметричність, неправильна форма крони. Велика кількість видів проявляючи

такі реакції у відповідь на забруднюючі речовини використовують як біоіндикатори. За їх допомогою можна встановити присутність забруднювача та дати йому характеристику [29]. Динамічна рівновага та стабільність біологічних систем тісно пов'язані з біоіндикацією морфо-генетичних змін рослин у відповідь на антропогенні впливи. На рівні організмів та екосистем впливи стресорів відрізняють тільки завдяки появі зовнішніх симптомів ушкоджень (некрози, хлорози) після того як порушена границя адаптаційної здатності і системи стають нестабільними. Для деяких стресових факторів вже випробувані та іноді спеціально підібрані різноманітні морфологічні індикатори, за допомогою яких можлива коротко або довгострокова індикація як при низьких, так і при високих дозах їх впливів [30]. Макроскопічні зміни пов'язані зі змінами забарвлення листя, які являють у більшості випадків неспецифічну реакцію на різноманітні стресори.

Хлороз – бліде забарвлення листя між жилками [31]. Так пожовтіння країв або певних ділянок листя (у листяних дерев під впливом хлоридів); почервоніння (накопичення антоціанів у вигляді плям на листях смородини та гортензії під дією SO_2); побуріння або побронзовіння (у листяних дерев – часто початкова стадія важких некротичних ушкоджень, у ялини та сосни – служить для подальшої розвідки димових ушкоджень). Зміна забарвлення при яких характер ураження листя схожий з морозними ураженнями – часто перші стадії некрозів. Некрози – відмирання обмежених ділянок тканин – важливі симптоми ушкоджень при індикації, іноді специфічні.

Розрізняють такі види некрозів: крапельні та плямисті некрози – це відмирання тканин листкової пластинки у вигляді крапок або плям, дуже характерні сріблясті плями після впливу озону у тютюну сорту Bel W3; міжжилкові некрози – відмирання листкової пластинки між бічними жилками першого порядку, часто при дії SO_2; крайові некрози – характерні, чітко відмежовані форми, з'являються у лип, які ушкоджені кам'яною сіллю, яку застосовують для танення льоду.

Поєднання міжжилкових та крайових некрозів приводить до появи візерунку типу "риб'ячого скелету"; верхівкові некрози (в особливості у

однодольних та хвойних), характерні темно-бурі, різко відмежовані некрози кінців хвої у сосни та ялиці після дії SO_2, або білі знебарвлені некрози верхівок листя у *Gladiolus Snow Princess* під впливом F2 та HF; 15 некрози навколоплоднику, які утворюються після впливу SO_2 на насінні плоди, особливо біля квіток.

При розвитку некрозів спочатку спостерігається зміна в забарвленні (при дії SO_2 найчастіше утворюються брудно-зелені; пероксиацетилнітрату – просочені водою; O_3 – плями з металічним блиском; хлоридів – хлорози). Після загибелі клітини вражені ділянки осідають, висихають і можуть за рахунок виділення дубильних речовин забарвлюватись у бурий колір (часто у дерев), або через декілька днів вицвітають до білуватого забарвлення [32].

Передчасне в’янення відбувається під дією етилену в теплицях: квіти гвоздики при цьому не розкриваються, а пелюстки орхідей в’януть. Опадання листя (дефоліація) у більшості випадків спостерігається після некрозів або хлорозів. Прикладом служать зменшення тривалості життя хвої, її осипання у ялин, скидання двоголкових укорочених пагонів у сосни, передчасне опадання листя у лип та кінських каштанів під впливом солі, яку застосовують для танення льоду, або у аґрусу та смородини під дією SO_2 [33].

Зміна форми, кількості та положення органів. Аномальна конфігурація листя відмічена у листяних дерев після впливу радіоактивного випромінювання. В результаті локальних некрозів виникає потворна деформація , перетягування, здуття або викривлення пагонів, зрощення або розщеплення окремих органів, збільшення або зменшення в числі частин квітки, зміна статі та інші аномалії розвитку під дією гормональних гербіцидів або радіоактивного випромінювання [34].

Зміна напрямку, форми росту і галуження. Зміна напрямку росту коренів відмічено у кульбаби при зміні рівня ґрунтових вод; у *Dycranum polysetum* – утворення сланких пагонів та галуження; у лип при стійкому забрудненні атмосфери HCl або SO_2 спостерігається кущовидна та подушкова форми росту; у вражених димом хвойних порід зрідження крони та зміна бонітету стовбура [35].

Зміна приросту в більшості неспецифічна, але широко застосовується при індикації, так як є більш чутливим параметром, чим некрози і дозволяє безпосередньо визначити зниження продуктивності вирощуваних людиною рослин. Вимірюють головним чином зміни радіального приросту стовбура, приросту пагонів та листя в довжину, довжину коренів. Зміна плодовитості спостерігається у багатьох рослин, це може бути, наприклад, зменшення утворень плодових тіл у лишайників.

Отже, після порушення адаптаційної здатності у рослин з'являються зовнішні симптоми ушкоджень за якими можна робити індикацію тих чи інших стресових факторів на рослину [36].

Одним із підходів в індикації мутагенної напруженості навколишнього середовища є також дослідження репродуктивних структур деревних порід (і, насамперед, чоловічого гаметофіту), які дуже чутливі до дії забруднювачів. При цьому фінансуються кількість і характер аномальних пилкових зерен, зміни морфогенезу і життєздатності пилку, зниження репродуктивної здатності.

Більшість мутацій є рецесивними і проявляються в гаплоїдних пилкових клітинах чи зародках при ембріональному розвитку насіння. Метод виконує роль своєрідного бар'єру в передачі потомству деяких типів таких мутацій, в результаті чого утворюється стерильний пилок і нежиттєздатне насіння. Тому найбільш значними критеріями в оцінці дії техногенних забруднювачів є кількість аномальних клітин і стерильність пилкових зерен [37].

Таким чином на сьогоднішній день існує об'єктивна необхідність створення системи біоіндикаторів та біомаркерів для визначення інтенсивності мутагенного фону на урбанізованих територіях.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ, ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Кліматичні та погодні умови місцевості розміщення об’єкта дослідження

Жашківська міська об’єднана територіальна громада утворена 8 серпня 2017 року в рамках адміністративно-територіальної реформи 2015 року. До складу громади увійшли населені пункти: місто Жашків і села Вільшанка, Литвинівка, Марійка та Скибин з адміністративним центром у місті Жашків Жашківського району Черкаської області.

Жашківська громада розташована в західній частині Черкаської області, що належить до лісостепової фізично-географічної зони. ОТГ займає площу 151,089 кв. км, чисельність населення – 17 044 мешканців, зокрема в м. Жашків – 13 917 осіб.

Місто Жашків розміщене на перетині автомобільних шляхів державного значення Київ – Умань – Одеса, що з’єднує північ із півднем, та інших: Київ – Кропивницький і Київ – Кишинів (Молдова), Київ – Миколаїв, Київ – Херсон, Мінськ (Білорусь) – Херсон.

У місті Жашкові розташована однойменна залізнична станція Жашків та проходить неелектрифікована частина Південно-Західної залізниці, що сполучає м. Вінниця та м. Козятин (Вінницька область).

Рельєф території громади переважно рівнинний, але має балки та долини.

Жашківська громада належить до помірно-континентального кліматичного поясу. Зима м'яка, з частими відлигами. Літо тепле, в окремі роки спекотне, північно-західні вітри приносять опади. Середня температура повітря +7,2°C. Середня температура найхолоднішого місяця січня — 8,9°C. Середня температура липня становить +27,5°C. Максимальна +45°C, мінімальна −37°C. Період із температурою +10°C становить 160 – 170 днів. Опадів випадає 450–520 мм на рік.

Територією громади м. Жашків і с. Скибин тече річка Торч, що є притокою річки Гірський Тікич, у селі Вільшанка протікає річка Житниця.

Водні ресурси частково орендують приватні підприємці, в м. Жашкові створено товариства рибалок. Землі водного фонду, розташовані за межами населених пунктів і на сьогодні не передані до комунальної власності громади. ОТГ отримує дохід від здачі в оренду водних об'єктів та гідроспоруд.

На території громади налічується зелених і полезахисних лісонасаджень площею 333,1 га і лісів 388,8 га. Жашківська ОТГ не має у власності лісового фонду, всі лісові насадження площею понад 5 га, які розташовані на території ОТГ передані у користування Уманському та Ставищенському лісогосподарствам. У 2018 році відповідно до внесених змін до законодавства ОТГ отримує податок на дохід від лісогосподарської діяльності.

Ґрунтовий покрив представлений переважно такими типами ґрунтів: чорноземами – типовими, опідзоленими, вилугуваними та реградованими і сірими опідзоленими ґрунтами – світло-сірими, сірими та темно-сірими.

Земельні ресурси громади становлять 15 108,9 га, серед них: сільськогосподарського призначення – 12 972,1 га, лісів – 338,8 га, під забудовою – 1263,2 га, заболочені – 173,6 га, під водою – 287,7 га.

Природні ресурси місцевого значення – глина та вода. Їх розробляють промислово легальними економічними акторами. В громаді немає природних ресурсів державного значення.

Промисловий комплекс представлений такими галузями виробництва: харчова промисловість, важка промисловість і деревообробна.

Основними підприємствами є:

– ТОВ «Напої Плюс» – виробництво безалкогольних напоїв і води;

– ДП «Жашківмаш» ПАТ НВФ «Більшовик» – вузли та деталі для машинобудування;

– ПАТ «Жашківський маслозавод» – виробництво молочної продукції;

– ТОВ «Жашків Хліб» – виробництво хлібобулочних виробів;

– Жашківське виробниче управління житлово-комунального господарства – надання комунальних послуг;

– «Жашківська РайСТ» – торговельне підприємство;

– ТОВ «Енжел Кепі Тел» – торгівля паливно-мастильними матеріалами;

- ПрАТ «Жашківський елеватор» - зберігання та переробка зерна.

2.2. Об’єкт дослідження

Для визначення антропогеннх впливів в урбофітоценозах було обрано *Robinia pseudoacacia L.* (акація біла) – дерево родини бобових, світлолюбне, до 35 м заввишки, проріджене дерево, що пізно розпускається. Кора коричнева корою з глибокими тріщинами. Листки 18-20 см завдовжки, чергові, непарноперисті з 4-10 парами довгастих, довгасто-овальних або овальних листочків від 2 до 4 (6) см завдовжки. Листочки цілокраї з округлою або трохи звуженою основою і тупою верхівкою, яка закінчується вістрям. Зверху листочки зелені, зісподу блідо-зелені або сірувато-зелені, по жилках трохи опушені. Прилистки (до 3 см завдовжки) мають вигляд прямих або трохи зігнутих колючок.

Квітки (15-20 см завдовжки) зібрані в негусті (коротші за листки) пазушні пониклі китиці (10-20 см завдовжки). Оцвітина подвійна. Чашечка (6-8 мм завдовжки, 45 см завширшки) зросло-листа, п'яти-зубчаста, коротко-опушена. Віночок метеликового типу з п'яти вільних пелюсток, білий або блідо-рожевий. Тичинок десять, з них дев'ять зрослися нитками в трубочку, маточка одно, зав'язь верхня, стовпчик зігнутий, з головчастою приймочкою.

Плід — довгастолінійний біб (4-8 см завдовжки), насінини вузько-ниркоподібні, коричневі або темно-бурі, матові.

Росте в культурі в чистих і мішаних насадженнях. Солевитривала, світлолюбна рослина. Цвіте у травні-червні. Рослина часто зустрічається в ценозах міста та досить широко використовується для оздоблення його територій. Крім того її використовують при проведенні рекультиваційних робіт, для закріплення схилів та захисту ґрунтів сільськогосподарських угідь від ерозії.

Конкурентними перевагами *Robinia pseudoacacia* також є відносно швидке проростання насіння, інтенсивний ріст сіянців, здатність до активного вегетативного розмноження, висока фотосинтетична активність. Може зростати у широкому діапазоні екологічних факторів: невибаглива до умов зволоження, окислювально-відновлювального режиму, до багатства ґрунтів [38].

2.3. Методика проведення досліджень

Для свого дослідження ми використовували метод «Визначення стану довкілля за площею листків на вулицях міста». Попередньо для деревної породи визначають перевідний коефіцієнт, а потім шляхом вимірювання довжини і ширини листка проводять підрахунок площі листка. Для дослідження ми зрізали по 30 листків з дерев акації білої, що ростуть у різних екологічних умовах і складували їх у конверти, з заздалегідь підготовленими етикетками.

Встановлення перевідного коефіцієнту базувалося на порівнянні маси квадрату паперу з масою листка, який має таку саму довжину і ширину. Для цього ми брали папір, обкреслювали квадрат, що дорівнює довжині і ширині листка, а потім акуратно обмальовували його контур. На кожному такому квадрати ми обчислювали площу, вирізали і зважували його. Потім вирізали контур листка і також зважували його. З одержаних даних обчислювали перевідний коефіцієнт:

$$K = \frac{S_л}{S_{кв}}, S = \frac{P_л * S_{кв}}{P_{кв}}$$

Де К - перевідний коефіцієнт; S – площа листка(л), або квадрату паперу(кв); Р – маса квадрату паперу(кв) або листка(л). Для акації розрахований коефіцієнт становить – 0,65-0,66. Після цього ми вимірювали довжину (А), та ширину (В) кожного листка і множили на перевідний коефіцієнт (К).

$$S = A * B * K$$

За отриманими результатами площ листових пластинок знайшли їх середнє значення – Scep. За остаточними даними ми склали таблиці для порівняння екологічних умов проростання дерев.

Використання методики «Визначення стану довкілля за площею листків на вулицях міста» за Л. В. Дорогань дозволило нам отримати дані про зміну морфологічних показників. Під час розрахунку користувалися стандартними методами варіаційної статистики і визначали середні арифметичні показники площ листових пластинок (X), похибку середнього арифметичного (M x) та коефіцієнт варіації (V %).

У робінії звичайної площа листка визначається як кількістю листочків на рахісі, так і їх площею. Згідно з методикою на деревах були обрані 10 гілок, які вимірювали в період інтенсивного росту кожні 2-3 дні, а в період затухання росту – через 4-5 днів. Довжину пагона вимірювали лінійкою кожні 5 діб від основи (відгалуження чи рубчика торішньої бруньки) до верхівки з точністю до 1 мм.

Життєвий стан дерев оцінювали (по 10 шт. на кожній дослідній ділянці) за методикою В. А. Алексєєва, в якій представлено 5 шкал:

1 – здорове дерево, яке не має зовнішніх ознак пошкоджень крони та стовбура, листки зеленого або темно-зеленого кольору з незначним ураженням (< 10%), що не позначаються на стані дерева.

2 – пошкоджене (ослаблене) дерево, у якого відмічено зниження щільності крони на 30%, або зрідження скелетної частини крони, наявність 30% усихаючих гілок у верхній частині крони, пошкодження 30% всієї площі листків за різними причинами, які призводять до ослаблення життєвого стану дерева на 30%.

3 – дуже пошкоджене (дуже ослаблене) дерево, у якого спостерігається зниження щільності облиствлення крони, наявність мертвих та усихаючих гілок у верхній половині крони та пошкодження площі листків на 60%, що призводить до відмирання верхівки крони та ослаблення загального життєвого стану дерева на 60%.

4 – відмираюче дерево, яке має зруйновану крону, більше 70% сухих, або усихаючих гілок, листя переважно хлоротичне блідо-зеленого, жовтуватого, жовтого та помарачево-червоного кольору, наявні повністю некротизовані листки, які швидко злітають з дерев.

5а – свіжий сухостій, тобто дерева, які відмерли менше року назад, вони часто заселені комахами-ксилофагами.

5б – старий сухостій – дерева, які відмерли більше року назад, у яких поступово втрачаються гілки та кора. На основі даних, отриманих у результаті оцінки життєвого стану, деревам присвоювався певний коефіцієнт: здоровим – 100%, мертвим – 0%.

Для дерев проміжних градацій були визначені коефіцієнти, що відповідають життєвому стану до моменту перерахунку. Відносний життєвий стан насадження оцінювали за формулою:

$$Ln = (100\ n1 + 70\ n2 + 40\ n3 + 5\ n4) / N,$$

де Ln – відносний життєвий стан деревостану, розрахований за кількістю дерев;

n1 – кількість здорових;

n2 – пошкоджених;

n3 – дуже пошкоджених;

n4 – відмираючих дерев;

N – загальна кількість дерев (включаючи сухостій) у дослідженому деревостані. При наявності 100–80% дерев, які не мають зовнішніх ознак пошкоджень крони та стовбура, життєвий стан деревостану оцінювався як «здоровий», при 79–50% – пошкодженим, при 49–20% – дуже пошкодженим, при 19% та нижче – повністю зруйнованим.

З метою виявлення гаметоцидного ефекту забруднювачів середовища, в міських умовах, досліджували стерильність чоловічого гометофіту. Для цього в період масового цвітіння з підвітряного боку дерева з нижнього ярусу крони з однорічних пагонів відбирали квіткові суцвіття.

Матеріал фіксували в суміші абсолютного етилового спирту і льодяної оцтової кислоти (3:1) при t = 0-4°С протягом 24 год. і для збереження

переносили в 80 % етиловий спирт. Кількість фертильних та стерильних пилкових зерен визначали на тимчасових препаратах забарвлених йодним розчином за Грамом.

При цьому переглядали від 1000 до 3000 зерен від однієї особини. Для зручності аналізу в кожному варіанті обчислювали коефіцієнти стерильності за формулою: $M = G / N \times 100$,

де G – кількість стерильних пилкових зерен; N – кількість досліджених пилкових зерен. При аналізі пилкових зерен звертали увагу на рівень морфологічної різноякості пилку. Для визначення останньої в кожному варіанті обчислювали відсоток дуже малих і надто великих пилкових зерен, що відповідно, в 1,5-2 рази менші чи в 1,3-1,5 рази більші за середню контрольну величину [39].

2.4. Охорона праці

Загальні вимоги охорони праці при роботі в лабораторії:

1.1 До роботи в лабораторії допускаються особи, які пройшли вступний інструктаж з техніки безпеки та охорони праці в лабораторії.

1.2 Проходження інструктажу є обов’язковим для всіх прийнятих на роботу незалежно від їх освіти, стажу роботи та посади, а також для студентів, які виконують лабораторні роботи передбачені навчальним планом, проходять практику або проводять дослідження в рамках виконання дипломної роботи або магістерської дисертації.

1.3 Періодичний інструктаж з техніки безпеки на робочому місці проводять двічі на рік або перед початком вивчення кожної дисципліни, силабусом якої передбачено виконання лабораторних робіт.

1.4 Перед виконанням студентами нових видів робіт, перед роботою з новими приладами або новими (особливо небезпечними) речовинами, а також в разі порушення студентами правил техніки безпеки проводиться позаплановий інструктаж.

1.5 Проведення всіх видів інструктажу реєструється в журналі.

1.6 Розпорядженням по лабораторії призначаються відповідальні за дотриманням правил техніки безпеки в кожному робочому приміщенні, правильне зберігання легкозаймистих, вибухонебезпечних і отруйних речовин, санітарний стан приміщень, забезпеченість засобами індивідуального захисту та аптечками першої допомоги з необхідним набором медикаментів.

1.7 Проведення вступного інструктажу, контроль виконання правил техніки безпеки у всій лабораторії і ведення журналу інструктажу здійснює призначена завідуючим лабораторією посадова особа.

1.9 Усі працюючі в лабораторії повинні бути забезпечені необхідним спецодягом та засобами індивідуального захисту [40].

РОЗДІЛ 3.
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Морфометрична характеристика *Robinia pseudoacacia* L.

Одна із головних функцій зелених насаджень в місті полягає в природному очищенні повітря від аерополютантів через затримку листовими пластинками більшості токсичних речовин. А це впливає на загальні процеси росту та розвитку рослини і, найчастіше, проявляється у їх зниженні.

В м. Жашків ми досліджували дерева на двох моніторигових ділянках, які розташовані в парках в середмісті біля вулиць із інтенсивним автомобільним рухом. І моніторингова ділянка – це парк ім. Шевченка (вул. Захисників України), ІІ моніторингова ділянка – це міський парк (вул. Василя Стуса) (рис. 3.1).

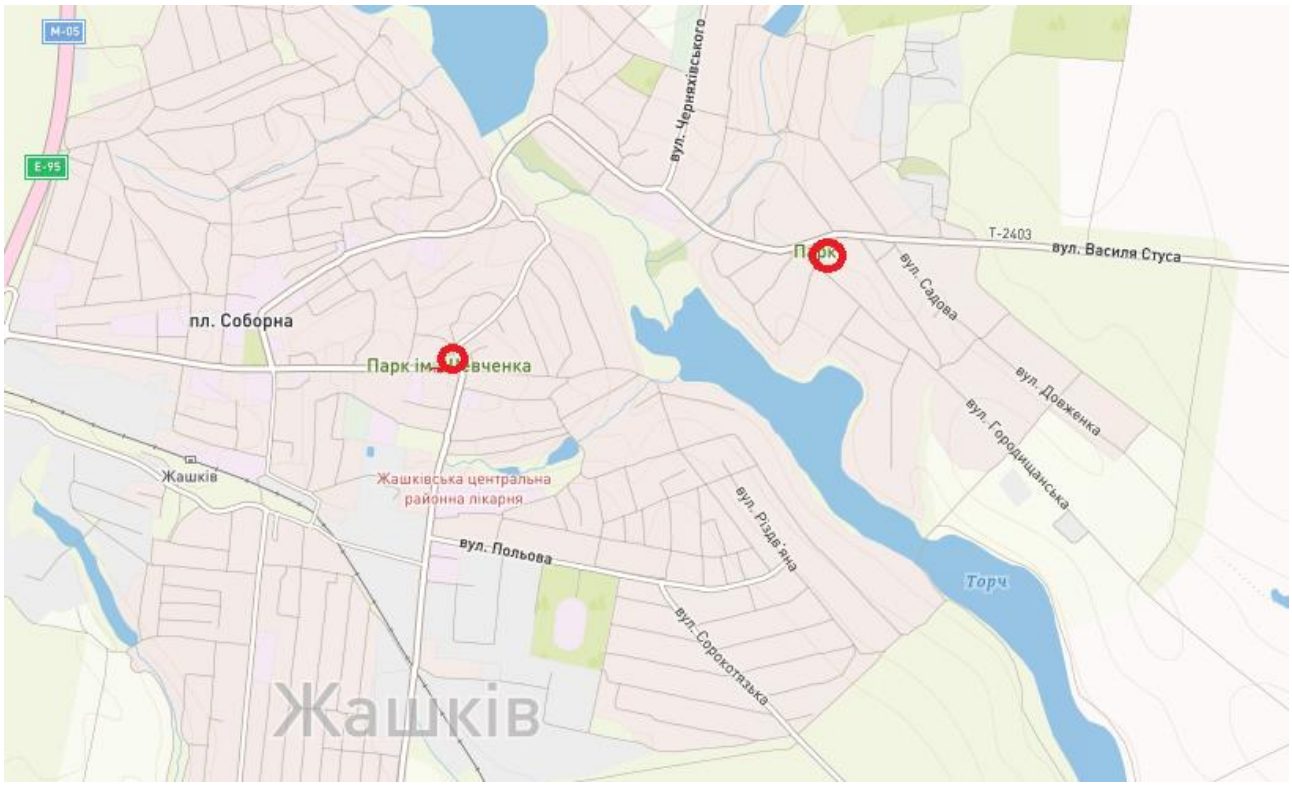


Рис. 3.1. Розміщення моніторингових ділянок в м. Жашків

За результатами дослідження дерева *R. pseudoacacia* L. обох моніторингових ділянок мали ряд подібних ознак зовнішніх порушень –

часткове всихання пагонів, укорочення приросту, наявність ушкоджених хлорозами листків (рис. 3.1).

Але ступінь прояву пошкодження та кількість ушкоджених рослин відрізняються залежно від функціональної зони розташування ділянки.



Рис. 3.1. Рослини *R. pseudoacacia* на моніторингових ділянках

У рослин з моніторингової ділянки I спостерігали суттєве пригнічення росту пагонів. Їх довжина на 34,5% була меншою від довжини пагонів рослин з моніторингової ділянки II. Товщина однорічних пагонів також на 15,6% була меншою на ділянці I в порівнянні із ділянкою II (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Морфометричні показники пагонів R. pseudoacacia

Моніторингові ділянки	Довжина пагону, см	Коефіцієнт варіації, V %	Товщина пагонів, см	Коефіцієнт варіації, V %
I	14,77	10,2	2,81	11,4
II	19,0	11,0	3,08	11,8

Одним з інформативних морфологічних показників вважають характеристику асимілятивного апарату, тому що вона відображує відношення у системі «рослина-середовище». За результатами дослідження кількість листків на однорічних пагонах *R. Pseudoacacia* на моніторингових ділянках суттєво не відрізняється, але площі листових пластинок на моніторинговій ділянці I на 12,5% менші ніж на ділянці II (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Характеристика асиміляційного апарату *R. Pseudoacacia*

Моніторингові ділянки	Кількість листків на пагоні, шт.	Коефіцієнт варіації, V %	Площа листка, $см^2$	Коефіцієнт варіації, V %	Площа асиміляційної поверхні пагона, $см^2$	Коефіцієнт варіації, V %
I	7,0	12,0	110,4	12,9	765,4	10,3
II	7,34	10,6	123,7	11,6	805,2	11,5

Також спостерігали велику кількість листових пластинок (136 штук із 300 обстежених) уражених хлорозами на ділянці I (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Листові пластинки уражені хлорозом

За результатами визначення індексу життєвого стану (за комплексом показників) рослини з ділянки I характеризуються як ослаблені та дуже ослаблені, натомість листки дерев з ділянки II мало ушкоджені, гілки, що всихають майже відсутні, стовбури мають дефекти у поодиноких дерев. Тому вони характеризуються як здорові та ослаблені.

Одержані результати вказують на зміну аналізованих морфометричних параметрів *R. pseudoacacia* штучних фітоценозів міста в умовах урботехногенного забруднення середовища існування. Загальною тенденцією є зменшення розмірів листкових пластинок.

Натомість на ділянці ІІ така кількість не перевищувала 50 штук. Таким чином площа асиміляційної поверхні пагона рослин з ділянки І була меншою від рослин з ділянки ІІ на 10,4%.

3.2. Порівняльний аналіз репродуктивних структур рослин в умовах урбоекосистем

Репродуктивну систему вважають найважливішим елементом біології рослин, для кожного виду вона індивідуальна та має різні параметрами органів розмноження. Генеративні, як і вегетативні, органи будь-якого виду можуть проявляти стійкість до дії забруднювачів різної природи походження.

В умовах забруднення за дії шкідливих викидів у рослин знижується репродуктивна функція. Науковці вважають генеративну сферу однією з найбільш чутливих у рослинному організмі до впливу полютантів, незважаючи на те, що основна частка забруднюючих речовин накопичується у вегетативних органах.

Токсичні викиди в умовах високого рівня техногенного навантаження спричиняють порушення початкових етапів мікро- та макроспорогенезу, які в подальшому призводять до дефектів ембріогенезу. Зазначені твердження ілюструють, що пилок, як елемент чоловічої генеративної сфери рослин, несе важливу інформацію про умови довкілля, тому він є важливим об’єктом при проведенні екологічних досліджень.

На екологічно несприятливі умови пилкові зерна рослин реагують через зміни в їх морфології. Середні розміри пилкового зерна неоднакові та змінюються в різні роки навіть у межах однієї особини і залежать від місця збирання, освітленості, характеру ґрунтів, забрудненості середовища тощо.

У якості тест – систем ми обрали *Robini pseudoacacia* L., яка відноситься до 4 групи стійкості (чутливі).

У таблиці 3.3 підраховані та проаналізовані дані дослідження по фертильності та стерильності пилкових зерен в умовах урбоекосистеми міста Жашків.

Таблиця 3.3

Аналіз пилкових зерен *Robinia pseudoacacia* L. в урбоекосистемі м. Жашків

Моніторингова ділянка	Коефіцієнт стерильності, %	Фертильні, шт	Стерильні, шт	Морфологічно змінені, шт	Сума всіх досліджених пилкових зерен, шт	Стерильні пилкові зерна, %
I	12,45	2585	390	125	3100	12,55
II	15,34	2492	480	145	3117	15,40

Як видно з таблиці 3 стерильність пилку деревних рослин збільшується на всіх моніторингових ділянках. Крім стерильності збільшується й кількість зерен морфологічно змінених, тобто гігантських або занадто дрібних. Так, найвищий показник абортивності пилку акації білої виявлено у на моніторинговій ділянці II, де він становить 15,40.

Отже, чоловічий гаметофіт обох тест-систем відобразив негативний вплив умов навколишнього середовища у м. Жашків.

3.3. Біоіндикація атмосферного повітря біля автошляхів за допомогою *Robinia pseudoacacia* L.

Для дослідження стану повітря вздовж автошляху використовували біоіндикацію за допомогою *Robinia pseudoacacia* L. Боби *Robinia pseudoacacia* L. збирали у жовтні 2023 року.

Зменшення значень морфометричних показників плодів пов’язане із зниженням чисельності насінин у бобах. Проведений детальний аналіз кількості насінин у плодах показує достовірний рівень зменшення досліджуваного показника на території дослідження порівняно з контрольним варіантом. У бобах акації, що були відібрані на дослідній ділянці вздовж автошляху

показник відсотку зрілого насіння становив 27,8 %, тоді як на контрольному варіанті 73,67 % (рис. 3.3).

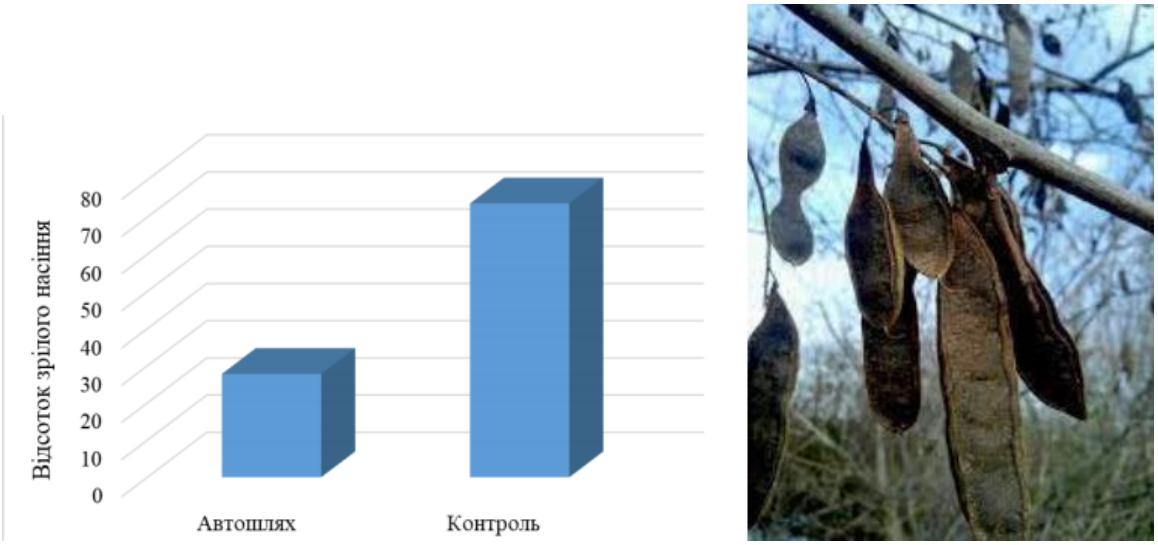


Рис. 3.1. Відсоток зрілого насіння бобів *Robinia pseudoacacia* L.

Отже, важливо зауважити, що стан атмосферного повітря від викидів автотранспорту вздовж автошляху є недостатньо очищеним та спричиняє негативний вплив на репродуктивну систему деревної рослин.

Результати досліджень даного показника, вказують на значний рівень забруднення атмосферного повітря вздовж автошляху токсичними відходами, які негативно впливають на розвиток досліджуваної рослини-біоіндикатора.

Біоіндикація стану атмосферного повітря за показником відсотку зрілого насіння бобів *Robinia pseudoacacia* L. дає можливість в короткі терміни інформативно оцінити екологічний стан атмосферного повітря на території вздовж автошляхів. Отримані дані показника відсотку зрілого насіння на досліджуваній ділянці вздовж автошляху майже у 3 рази нижчі, ніж у контрольному варіанті. Це дає вагомі підстави характеризувати атмосферне повітря вздовж автошляху як територію зі значним рівнем забруднення викидами шкідливих газів.

РОЗДІЛ 4.
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Для визначення екологічного стану атмосферного повітря застосовують методи дослідження, але більшість з них дуже складні або дорогі. Економічна ситуація в Україні зумовлює необхідність пошуку альтернативних варіантів для визначення забруднення атмосферного повітря. Тому доцільно використовувати методи біоіндикації та біотестування, які є значно простішими і не потребують значних матеріальних витрат.

Економічна ефективність біоіндикації обумовлена кількома факторами:

- Низька вартість. Біоіндикація не вимагає використання дорогих і складних методів і обладнання.
- Швидкість проведення. Біоіндикацію можна проводити швидко і легко.
- Точність. Біоіндикація може бути досить точною, якщо правильно . вибрати біоіндикатори.

Економічна ефективність біоіндикації проявляється в наступному:

- Зменшення витрат на моніторинг навколишнього середовища. Біоіндикація дозволяє заощадити кошти, які інакше були б витрачені на проведення традиційних методів моніторингу.
- Покращення якості моніторингу. Біоіндикація дозволяє отримати більш точну інформацію про стан навколишнього середовища, ніж традиційні методи моніторингу.
- Зменшення негативного впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище. Біоіндикація дозволяє виявити і оцінити негативний вплив антропогенної діяльності на навколишнє середовище, що сприяє розробці заходів щодо його запобігання.

Витрати на проведення фітоіндикації включають різноманітні аспекти, що охоплюють:

1. Науково-дослідні витрати: Це включає в себе фінансування для наукових досліджень, розробки методик та технік фітоіндикації, проведення літературного аналізу та вивчення попередніх робіт у цій області.

2. Збір і обробка матеріалів: Витрати на відвідування місцевостей, збір проб рослин, ґрунтів та води, їх подальшу обробку та аналіз.

3. Інструментальне обладнання: Купівля та утримання спеціалізованого обладнання для збору та обробки проб, такого як лабораторне обладнання, інструменти для вимірювання параметрів рослин тощо.

4. Навчання та підготовка персоналу: Фітоіндикація вимагає спеціалізованого знання і навичок для визначення реакції рослин на забруднення середовища. Тому витрати на навчання персоналу, семінари та тренінги також враховуються.

5. Аналіз та інтерпретація даних: Фітоіндикація потребує не лише збору даних, але і їхньої подальшої обробки, статистичного аналізу та інтерпретації результатів.

6. Документація та звітність: Витрати на підготовку звітів, публікації результатів досліджень, а також на ведення архівів і документації.

Ці складові витрат варіюються залежно від масштабу та складності дослідження, обсягу збору даних та аналізу, доступності спеціалізованих технологій та обладнання, а також кваліфікації персоналу, який проводить дослідження.

Витрати на проведення нашого дослідження включають оплату праці та витрати на експлуатацію лабораторного обладнання. Так як, біомоніторинг проводився власне дослідником та на базі лабораторії університету з використанням електронного мікроскопу, то фінансових витрат чи збитків не фіксується.

ВИСНОВКИ

1. Оскільки найбільшого впливу господарської діяльності людини зазнають екосистеми міста, тоу важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста. В деякій мірі ці питання дозволяє вирішити біоіндикаційна оцінка.

2. За результатами дослідження дерева *R. pseudoacacia* L. обох моніторингових ділянок мали ряд подібних ознак зовнішніх порушень – часткове всихання пагонів, укорочення приросту, наявність ушкоджених хлорозами листків.

3. У рослин з моніторингової ділянки I спостерігали суттєве пригнічення росту пагонів. Їх довжина на 34,5% була меншою від довжини пагонів рослин з моніторингової ділянки II. Товщина однорічних пагонів також на 15,6% була меншою на ділянці I в порівнянні із ділянкою II

4. За результатами дослідження кількість листків на однорічних пагонах *R. Pseudoacacia* на моніторингових ділянках суттєво не відрізняється, але площі листових пластинок на моніторинговій ділянці I на 12,5% менші ніж на ділянці II

5. Також спостерігали велику кількість листових пластинок (136 штук із 300 обстежених) уражених хлорозами на ділянці I

6. За результатами визначення індексу життєвого стану (за комплексом показників) рослини з ділянки I характеризуються як ослаблені та дуже ослаблені, натомість листки дерев з ділянки II мало ушкоджені, гілки, що всихають майже відсутні, стовбури мають дефекти у поодиноких дерев. Тому вони характеризуються як здорові та ослаблені.

7. Стерильність пилку деревних рослин збільшується на всіх моніторингових ділянках. Крім стерильності збільшується й кількість зерен морфологічно змінених, тобто гігантських або занадто дрібних. Так, найвищий показник абортивності пилку акації білої виявлено у на моніторинговій ділянці II, де він становить 15,40.

8. Проведений детальний аналіз кількості насінин у плодах показує достовірний рівень зменшення досліджуваного показника на території дослідження порівняно з контрольним варіантом. У бобах акації, що були відібрані на дослідній ділянці вздовж автошляху показник відсотку зрілого насіння становив 27,8 %, тоді як на контрольному варіанті 73,67 %. Отже, важливо зауважити, що стан атмосферного повітря від викидів автотранспорту вздовж автошляху є недостатньо очищеним та спричиняє негативний вплив на репродуктивну систему деревної рослин.

ПРОПОЗИЦІЇ

Таким чином, на сьогоднішній день існує об’єктивна необхідність створення системи біоіндикаторів та біомаркерів для визначення інтенсивності забруднення на урбанізованих територіях. Ми рекомендуємо дослідження деревних видів і використання їх як біоіндикаторів стану довкілля в урбоекосистемах як простий, дешевий та ефективний метод моніторингу довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Глухов О. З. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин. Промислова ботаніка. 2008. Вип. 8. С. 3-11.

2. Глухов О.З. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. Донецьк: Норд-Пресс, 2006. 360 с.

3. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів: монографія. Київ: Наук. думка, 1994. 280 с.

4. Бессонова В. П., Бессонов Є. П., Зверковський В. М. Оцінка стану пилку деревних рослин в урботехногенній екосистемі. Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 18, № 1. С. 70–82.

URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pbte_2013_18_1_10.

5. Грицай З. В., Денисенко О. Г. Насіннєва продуктивність деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2021. Вип. 19, Т. 2. С. 40–44.

6. Ібрагімова Е. Е. Екологічна оцінка дії техногенних хімічних забруднень на цитогенетичні показники вищих рослин в умовах Криму: автореф. дис. на здобуття вченого ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.16 – «Екологія». Київ, 2008. 20 с.

7. Комарова І. О., Коваленко А. В. Індикація антропогенного впливу за морфометричними змінами Robinia pseudoacacia L. The 7th International scientific and practical conference “Modern research in world science” (October 2-4, 2022). SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2022. p. 73-76.

8. Коршиков І. І., Суслова О. П., Петрушкевич Ю. М. Деревні рослини в умовах промислових міст Степу: монографія. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 456 с.

9. Лисогор Л. П., Красова О. О., Коршиков І. І. Дендрофлора модельних залізорудних відвалів Криворіжжя: структурний аналіз, здатність до колонізації техногенних екотопів. Автохтонні та інтродуковані рослини. 2017. Вип. 13. С. 36–44.

10. Миленька М. М. Використання деревних видів для діагностики екологічного стану довкілля урбанізованих територій. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 114. С. 111–114.

11. Шевцова Т. В. Морфометрія пилкових зерен берези бородавчастої як індикатор якості екостану. Питання біоіндикації та екології. 2014. Вип. 19, № 2. С. 121–138.

12. Чухрій Ю.П. Біоіндикація. Біотестування. Біомоніторинг. Конспект лекцій. Одеса: ОНАХТ, 2019. 41 с.

13. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: навч. посіб. для студ. вищ.навч. заклад. Львів: Новий Світ-2000, 2003. 248 с.

14. Бондаренко О.В. Біоіндикація рівня забруднення за реакцією асиміляційного апарату Picea Abies в Інгулецькому районі м. Кривий Ріг: кваліфікаційна робота, ступінь вищої освіти бакалавр спеціальності 101 Екологія. 2023, Кривий Ріг, 42 с. URL: https://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/.pdf

15. Zaghloul A., Saber M., Gadow S. et al. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. Bull Natl Res Cent 44, № 127, 2020. DOI: https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385

16. Індикатори рослин: характеристики, тип і фізіологічні зміни. URL: https://www.biologydiscussion.com/plants/plant-indicators-characteristics-type-and-physiological-changes/6970 .

17. Андрейко Г.П. Методи біоіндикації навколишнього середовища: метод посіб. для практ. занять та сам. роб. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2018. 30 с.

18. Ткачук О.П., Панкова С.О. Біоіндикаційний прояв у насадженнях полезахисних лісосмуг внаслідок забруднення довкілля заходами інтенсифікації землеробства. Сільське господарство та лісівництво. 2023. № 2 (29). С. 99-111. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-9.

19. Потапенко О.В. Оцінка екологічних режимів у межах територій електричних підстанцій методами фітоіндикації. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2016. № 4(12). С. 133–139.

20. Піддубна А.М. Інтенсивність накопичення важких металів редискою та салатом вирощених на закритих ґрунтах в умовах Лісостепу правобережного. Сільське господарство та лісівництво. 2023. № 2 (29). С. 192-202. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-17.

22. Багдай Т.В., Панас Н.Є., Антоняк, Г.Л., Бубис О.Є. Біомоніторинг екологічного стану природних водойм. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького, 2016. № 18 (1), 3 с.

23. Ашихміна Т.Я. Біоіндикація та біотестування − методи пізнання екологічного стану навколишнього середовища. К: Знання, 2011 р. 450 с.

24. Гродзинський Д.М., Шиліна Ю.В. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Київ: Фітосоціоцентр, 2016. 60 с.

25. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. Наук. вісник КУЕІТУ. Нові технології. 2020. № 3 (29). С. 164–171.

26. Оцінка якості атмосферного повітря з використанням методів біомоніторингу: проєкт / Найкращі соціальні проєкти України. URL: http://www.forum.o2.ua/ua/projects/17

27. Leung B., Forbes M. R. and Houle D. (2020). Fluctuating Assymetry as a Bioindicator of Stress: Comparing Efficacy of Analyses Involving Multiple Traits. The American Naturalist 155 (1), 101-115.

28. Хрутьба В. О. Застосування біомоніторингу для виявлення небезпек в проєктах критичної інфраструктури. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2020. № 2. С. 71–80.

29. Nadgorska-Socha A. Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant species from urban biotopes. Chemosphere. 2017. Vol. 183. P. 471– 482.

30. Кучеренко Т. В., Головатюк Є. О. Використання біотесту Allium сера L. (цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища. Агроекологічний журнал. 2018. № 4. С. 79–83.

31. Depledge M. H., Amaral-Mendes J. J., Daniel B. The conceptual basis of the biomarker approach [Text] // Biomarkers – Research and Application in the Assesment of Environmental Health. Springer; Berlin; Heidelberg, 2019. P. 15-29

32. Carignan V., Villard M.-C. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. Environmental Monitoring and Assessment 78, 2022. P. 45–61.

33. Garmendia Tolosa A. J. and Axelsson B. (2013). Gammarus, their Biology, Sensitivity and Significance as Test Organisms. Swedish Environmental Research Institute, IVL report B 1095, 88 pp., Stockholm.

34. Грицак Л. Р., Барна І. М., Кодлюк І. М. Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. 2017. № 2. С. 153-165.

35. Процак І. Р., Шуплат Т. І. Біоіндикація стану урбогенних умов довкілля з використанням хвойних рослин // Еколого-енергетичні проблеми сучасності. 2019: зб. наук. пр. Всеукр. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, Одеса, 25 квіт. 2019 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2019. с. 19–20.

36. Тригуб В. І., Домусчи С. В. Біотестування як метод дослідження токсичності ґрунтів. Вісник ОНУ. Серія: Географічні та геологічні науки. 2020. Т. 25, вип. 2(37). С. 112-127.

37. Rossbach, M. and Lambrecht, S. Lichens as biomonitors: global, regional and local aspects. Croatica Chemica Acta CCACAA, 79(1), 2019. 119–124.

38. Робі́нія звичайна (*Robinia pseudoacacia*). URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%8F_%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B0

39. Мацнєв А.І., Проценко С.Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля.: Навч. посібник. Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, 2020. 504 с.

40. Гогіташвілі Г. Г., Карчевські Є.-Т., Лапін В. М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. К.: Знання, 2007. 367 с.

41. Дзядикевич Ю.В., Язлюк Б.О., Гевко Р.Б., Гайда Ю.І. Економіка довкілля і природних ресурсів: монографія / [та ін.]. Тернопіль, 2016. 392 с.

ДОДАТКИ