

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ОХТИРСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЕКОЛОГІЯ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ ЕКОЛОГІЯ

КУРСОВА РОБОТА

З дисципліни «Загальна екологія»

на тему: «Вплив забрудненого ґрунту на стан
подорожника (*Plantago major*) у місті Охтирка»

Виконав: студент II курсу, 39 ст групи
галузі знань 10 Природничі науки
спеціальності 101 Екологія
Олександр ІВАХНЕНКО

Керівник - викладач
Анна КОГУТ

Оцінка за національною шкалою

Члени комісії

	Наталія КОШЕЛЬ
(підпис)	
	Валентина ФЕДЕНКО
(підпис)	

м. ОХТИРКА – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ОХТИРСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

Відділення Аграрних та природничих технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень фаховий молодший бакалавр
Шифр та найменування галузі знань 10 Природничі науки
Освітньо-професійна програма Екологія
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова ЦК економічних спеціальностей

_____ Анна КОГУТ

« _____ » _____ 2025 р

ЗАВДАННЯ

**на курсову роботу з дисципліни
„Загальна екологія”
студенту 2 курсу 39 ст групи
Олександрю ІВАХНЕНКУ**

**Тема роботи: «Вплив забрудненого ґрунту на стан
подорожника (*Plantago major*) у місті Охтирка»**

1. Вихідні дані до роботи: літературні джерела, спостереження за станом подорожника та характеристиками ґрунту на контрольних і забруднених ділянках міста Охтирка.
2. Перелік завдань, які будуть виконуватися в роботі:
 1. Ознайомитися з біологічними та екологічними особливостями подорожника.
 2. Вивчити основні джерела забруднення ґрунту у місті.
 3. Провести спостереження за станом рослин на контрольних та забруднених ділянках.
 4. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки про вплив забруднення на рослини.

Дата видачі завдання « _____ » _____ 2025 р.

Керівник курсової роботи _____ Анна КОГУТ

Завдання до виконання прийняв студент « _____ » _____ 2025 р.

Студент (ка) _____

Розглянуто і схвалено на засіданні ЦК економічних спеціальностей

Протокол № _____ від _____

ЗМІСТ

ВСТУП

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ НА РОСЛИНИ

1.1. Біологічні та екологічні особливості подорожника (*Plantago major*)

1.2. Основні джерела забруднення ґрунту у місті Охтирка

1.3. Вплив забрудненого ґрунту на ріст і стан рослин

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ НА ПОДОРОЖНИК (*PLANTAGO MAJOR*)

2.1. Вибір об'єктів і місць дослідження

2.2. Методи збору та обробки даних

3. ПРАКТИЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ НА ПОДОРОЖНИК (*PLANTAGO MAJOR*)

3.1. Морфологічний стан рослин на контрольних та забруднених ділянках

3.2. Характеристика ґрунту на досліджуваних ділянках

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Актуальність теми: Сучасне місто — це складна екосистема, у якій взаємодіють природні та антропогенні фактори. Однією з найактуальніших проблем сучасної екології є забруднення ґрунту, яке негативно впливає на стан рослинності, біорізноманіття та загальне здоров'я екосистеми. Ґрунт, насичений важкими металами, хімічними речовинами або солями, втрачає свої природні властивості та здатність підтримувати нормальний ріст і розвиток рослин.

Одним із наочних показників стану ґрунту є стан подорожника великого (*Plantago major*) — широко розповсюдженої трав'янистої рослини, здатної виживати в умовах забруднення та одночасно накопичувати шкідливі речовини у своїх тканинах. Завдяки цим властивостям подорожник є своєрідним біоіндикатором, що дозволяє оцінити екологічну якість території та виявити негативні впливи антропогенних факторів.

Місто Охтирка характеризується розвиненою транспортною мережею та наявністю промислових підприємств, що створює підвищене навантаження на ґрунт і довкілля загалом. Саме тому дослідження впливу забрудненого ґрунту на стан подорожника є актуальним і важливим як для науки, так і для практики охорони навколишнього середовища.

Мета роботи: визначити вплив забрудненого ґрунту на стан подорожника у місті Охтирка.

Об'єкт дослідження: подорожник (*Plantago major*).

Предмет дослідження: вплив забрудненого ґрунту на стан рослини.

Результати цього дослідження можуть бути використані для оцінки екологічного стану територій Охтирки, а також для розробки практичних рекомендацій щодо збереження рослинності та покращення стану міського ґрунту.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ НА РОСЛИНИ

1.1. Біологічні та екологічні особливості подорожника (*Plantago major*)

Подорожник великий (*Plantago major*) — це багаторічна трав'яниста рослина родини подорожникових (*Plantaginaceae*). Він широко поширений у помірних широтах, зустрічається на луках, узбіччях доріг, газонах, біля житлових і промислових зон.

Морфологія

- Коренева система: мичкувата, проникає глибоко у ґрунт, що дозволяє витримувати пересихання та часткове забруднення ґрунту.
- Листя: розташоване прикореневою розеткою, овальне або ланцетоподібне, шириною 2–5 см і довжиною 5–20 см, з добре помітними жилками. Листя може змінювати колір при стресових умовах, наприклад, від жовтого до коричневого через забруднення.
- Квітки: дрібні, зібрані у колосовидні суцвіття, з'являються з травня по вересень.
- Насіння: дрібне, довго зберігає схожість, що забезпечує швидке розповсюдження на забруднених або порушених ділянках.

Екологічні особливості

- Подорожник відомий своєю високою стійкістю до різних стресових факторів: механічних пошкоджень, забруднення ґрунту, недостатнього освітлення.
- Це індикаторна рослина, яка здатна накопичувати у тканинах важкі метали та інші шкідливі речовини з ґрунту, що робить її зручною для оцінки екологічного стану територій.

Значення подорожника

- У медицині використовують листя і насіння як лікарські засоби.

- Екологічне значення: подорожник здатний покращувати структуру ґрунту та впливати на мікробіологічні процеси.

1.2. Основні джерела забруднення ґрунту у місті Охтирка

Забруднення ґрунту є однією з найактуальніших проблем сучасної екології, особливо в міських умовах, де спостерігається високий рівень антропогенного навантаження. У містах, таких як Охтирка, основними джерелами забруднення ґрунту є промислові підприємства, транспортні потоки та побутові відходи. Забруднення проявляється у накопиченні важких металів, нафтопродуктів, солей та інших токсичних речовин, що негативно впливають на рослини, змінюють фізико-хімічні властивості ґрунту та порушують мікробіологічну активність [1, 2].

Промислові джерела забруднення

Місто Охтирка має розвинуту промислову інфраструктуру, включаючи нафтопереробні підприємства, хімічні склади та інші виробництва, які є основними джерелами потрапляння шкідливих речовин у ґрунт. Викиди важких металів, таких як свинець, кадмій, мідь та цинк, а також нафтопродуктів і хімічних реагентів, накопичуються в верхньому шарі ґрунту, погіршуючи його родючість та токсично впливаючи на рослини [3, 4]. Пилові відкладення, що утворюються поблизу промислових зон, зменшують проникність ґрунту для води та повітря, що порушує нормальний розвиток кореневої системи рослин [5].

Транспорт і його вплив на ґрунт

Автомобільний транспорт є значним джерелом забруднення міських ґрунтів. Вихлопні гази містять сажу, окиси азоту, важкі метали та інші токсичні сполуки, які осідають на ґрунт уздовж доріг і тротуарів. Особливо високий рівень забруднення спостерігається на магістралях, перехрестях та у центральній частині міста [6, 7]. Використання солей та хімічних реагентів

для обробки доріг у зимовий період також підвищує кислотність ґрунту та його токсичність для рослин [8].

Побутові та органічні відходи

Стихійні сміттєзвалища, викинуті будівельні та побутові відходи створюють додаткове забруднення ґрунту. Розклад органічних залишків змінює кислотність ґрунту та впливає на доступність поживних речовин для рослин. Пластикові та будівельні відходи порушують структуру ґрунту, що ускладнює ріст рослин і сприяє зниженню щільності рослинного покриву [9, 10].

За даними екологічних досліджень, ґрунти біля промислових підприємств і вздовж доріг міста мають підвищений вміст важких металів, що негативно впливає на розвиток рослин і зменшує їх стійкість до стресових факторів [11]. Найбільш забруднені ділянки характеризуються зниженням щільності рослинності та появою пошкодженого листя у тих рослин, що залишилися. Ці спостереження підтверджують прямий негативний вплив антропогенних джерел забруднення на міські екосистеми.

Таким чином, промислові підприємства, транспорт та побутові відходи формують комплексний вплив на ґрунт міста Охтирка, що створює несприятливі умови для росту та розвитку рослинності. Вивчення цих факторів є ключовим для оцінки екологічного стану територій та використання рослин, таких як подорожник, як біоіндикаторів забруднення ґрунту.

1.3.Вплив забрудненого ґрунту на ріст і стан рослин

Забруднення ґрунту є одним із найбільш поширених і водночас небезпечних чинників, що впливають на стан рослинних екосистем у міських умовах. Воно виникає під дією різних антропогенних факторів: промислових викидів, автомобільного транспорту, побутових відходів та хімічних реагентів, які потрапляють у ґрунт. Накопичення у ґрунті важких металів,

таких як свинець, кадмій, мідь, а також нафтопродуктів і солей, змінює його фізико-хімічні властивості, порушує мікробіологічну активність та погіршує здатність ґрунту забезпечувати рослини необхідними поживними речовинами. У результаті цього знижується не тільки продуктивність рослин, але й їх здатність протистояти природним і техногенним стресам.[2]

Подорожник великий (*Plantago major*), як широко розповсюджена трав'яниста рослина, часто росте на територіях із високим ступенем антропогенного навантаження. Його особливості, такі як мичкувата коренева система та здатність накопичувати хімічні речовини у листках, дозволяють вважати його ефективним біоіндикатором стану ґрунту. Дослідження показують, що при контакті з забрудненим ґрунтом подорожник реагує як на фізіологічному, так і на морфологічному рівні. Зокрема, листя рослини часто змінює забарвлення: на поверхні з'являються темні або жовті плями, жилки можуть деформуватися, а загальна площа листка зменшується. Ці зміни є сигналом стресу, викликаного токсичними речовинами, і можуть бути використані для оцінки рівня забруднення ґрунту.

Фізіологічні процеси рослини також зазнають значного впливу. Порушується фотосинтез, оскільки накопичення важких металів у тканинах листя погіршує здатність хлоропластів ефективно виробляти енергію. Коренева система, яка у нормальних умовах забезпечує достатнє водопостачання та поживні речовини, у забрудненому ґрунті працює менш ефективно: зменшується водоутримуюча здатність, порушується обмін речовин і сповільнюється транспорт поживних речовин до надземних органів. У результаті рослина демонструє уповільнення росту, зниження щільності листя та зменшення загальної маси.[4]

Морфологічні зміни у подорожника на забруднених ділянках включають не лише зменшення розмірів листків, але й їх деформацію. На поверхні листя з'являються плями, некротичні ділянки або точки знебарвлення, що свідчить про пошкодження клітинної структури під впливом токсичних речовин. Крім того, спостерігається зниження загальної щільності рослинності: частина

рослин гине ще на ранніх стадіях розвитку, що призводить до утворення порожніх ділянок на території.

Біохімічні зміни в рослині також мають велике значення для оцінки впливу забрудненого ґрунту. Листя та корені подорожника накопичують важкі метали та інші токсичні речовини, що призводить до порушення обміну білків, вуглеводів та хлорофілу. Спостерігається зниження вмісту хлорофілу, що зменшує ефективність фотосинтезу, а накопичення токсичних елементів у тканинах негативно впливає на загальну життєздатність рослини. Окрім цього, забруднення ґрунту порушує мікробіологічний баланс: зменшується активність корисних ґрунтових бактерій, що ще більше погіршує доступність поживних речовин для рослин.[5]

Важливо зазначити, що подорожник, завдяки своїй стійкості, здатний виживати навіть у високозабруднених умовах, однак його морфологічний та фізіологічний стан змінюється настільки, що це можна використовувати як надійний індикатор рівня забруднення ґрунту. Саме на підставі таких змін можна робити висновки про екологічну якість території та необхідність впровадження заходів щодо покращення стану навколишнього середовища.

Таким чином, вплив забрудненого ґрунту на ріст і стан подорожника проявляється комплексно: фізіологічні порушення, морфологічні деформації та біохімічні зміни взаємопов'язані і відображають рівень стресу, який зазнає рослина. Подорожник є зручним об'єктом дослідження для оцінки впливу антропогенних факторів на рослинність міських територій. Аналіз його стану дозволяє не лише оцінити забруднення ґрунту, а й отримати інформацію про можливі шляхи покращення екологічної ситуації в конкретних міських умовах.[3]

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ НА ПОДОРОЖНИК (PLANTAGO MAJOR)

2.1. Вибір об'єктів і місць дослідження

Об'єктом дослідження обрано подорожник великий (*Plantago major*), що широко поширений у міських умовах і здатний виживати навіть на територіях із високим рівнем забруднення. Його здатність накопичувати токсичні речовини у листках та коренях дозволяє використовувати рослину як біоіндикатор стану ґрунту та оцінити вплив антропогенних факторів на рослинність.

Дослідження проводилося на двох типах ділянок: контрольних та забруднених. Контрольні ділянки розташовані у парках та зелених зонах, віддалених від промислових об'єктів та доріг і характеризуються мінімальним рівнем забруднення ґрунту. Забруднені ділянки обрані вздовж жвавих доріг, та стихійних сміттєзвалищ, де очікується підвищена концентрація важких металів, солей та інших токсичних речовин.

Для оцінки стану ґрунту у польових умовах, без доступу до лабораторії, використовувалися прості та доступні методи. Зокрема, визначення кислотності ґрунту (pH) здійснювалося за допомогою універсальних індикаторних смужок, що дозволяє оцінити рівень кислотності та можливий вплив на ріст рослин. Крім того, для виявлення наявності важких металів у ґрунті використовувалися комерційні тест-набори, які дозволяють визначити свинець, кадмій, мідь та інші метали. Ці набори працюють за принципом зміни кольору реагенту залежно від концентрації металів, що дає можливість отримати приблизну оцінку забруднення ґрунту без лабораторного обладнання. Отримані дані використовувалися для порівняння між контрольними та забрудненими ділянками, а також для оцінки впливу забруднення на ріст та стан подорожника.

2.2. Методи збору та обробки даних

Для оцінки впливу забрудненого ґрунту на стан подорожника великий (*Plantago major*) застосовувався комплекс польових та спостережних методів, які дозволяли отримати науково обґрунтовані результати без використання лабораторного обладнання. Візуальне спостереження проводилося щотижня і включало фіксацію основних морфологічних ознак рослини: колір і забарвлення листя, наявність плям та некротичних ділянок, деформацію жилок та загальну площу листків. Дані систематично заносилися у спеціальні бланки спостережень та фотографувалися для подальшого аналізу. Це дозволяло визначати наявність проявів стресу у рослин, що ростуть на контрольних та забруднених ділянках.

Кількісні вимірювання включали визначення площі листків за допомогою лінійки та масштабної сітки або шляхом цифрового аналізу фотографій. Крім того, підраховувалася кількість рослин на одиницю площі (1 м²) для визначення щільності рослинності та порівняння між контрольними та забрудненими ділянками. Такі вимірювання дозволяли кількісно оцінити вплив забрудненого ґрунту на ріст, розвиток та загальний стан рослин.

Оцінка стану ґрунту проводилася без використання лабораторного обладнання. Для визначення кислотності ґрунту (pH) застосовувалися універсальні індикаторні смужки, що дозволяє швидко отримати дані про рівень кислотності та передбачити можливий вплив на ріст рослин. Для виявлення важких металів у ґрунті використовувалися комерційні тест-набори, які визначають присутність свинцю, кадмію, міді та інших металів за зміною кольору реагенту. Результати тестів порівнювалися між контрольними та забрудненими ділянками, що давало змогу оцінити різницю у рівні забруднення та його можливий вплив на подорожник.

Порівняльний аналіз даних із контрольних і забруднених ділянок здійснювався для встановлення закономірностей впливу забруднення на

морфологічний стан рослин. Обробка результатів включала підрахунок середніх значень площі листків, щільності рослинності та частоти проявів стресу у рослин, а також графічне відображення змін для наочності. Цей підхід дозволяв зробити висновки про вплив конкретних джерел забруднення на рослини та забезпечував науково обґрунтовану оцінку екологічного стану територій без використання лабораторного обладнання.

2.3.Терміни та порядок проведення дослідження

Дослідження проводилося протягом осінньо-зимового періоду, з вересня по листопад, що забезпечувало можливість спостереження за листям подорожника великого (*Plantago major*) та фіксації проявів стресу у рослин перед настанням холодів. Під час цього періоду відбувається активне накопичення токсичних речовин у тканинах рослин, що робить спостереження особливо інформативним для оцінки впливу забрудненого ґрунту.

Порядок проведення дослідження передбачав кілька послідовних етапів. На підготовчому етапі здійснювався вибір контрольних і забруднених ділянок, позначення підділянок GPS-координатами та підготовка бланків спостережень і фототехніки. На польовому етапі щотижня проводилися спостереження за рослинами, фотографування листків та підрахунок щільності рослинності. Паралельно виконувалася оцінка стану ґрунту: вимірювання кислотності (pH) за допомогою індикаторних смужок та визначення наявності важких металів із використанням тест-наборів. Дані тестів, а також результати візуальних і кількісних спостережень, фіксувалися у бланках для подальшого аналізу.

На аналітичному етапі проводилося порівняння даних контрольних і забруднених ділянок. Розраховувалися середні значення площі листків, щільності рослинності та частота проявів стресових ознак у рослин. Результати графічно відображалися у вигляді таблиць та діаграм, що

дозволяло наочно демонструвати вплив забрудненого ґрунту на подорожник. Такий підхід дозволив визначити закономірності впливу забруднення на морфологічний стан рослин і зробити науково обґрунтовані висновки щодо екологічного стану територій міста.

Запропонована методика, що базується на польових спостереженнях та використанні простих доступних інструментів, таких як індикаторні смужки та тест-набори, забезпечує достовірну оцінку впливу забрудненого ґрунту на стан рослинності без потреби в лабораторії. Вона є універсальною і може бути застосована для подальших досліджень у різних міських умовах або для оцінки ефективності заходів з покращення стану міського довкілля.

3. ПРАКТИЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ НА ПОДОРОЖНИК (PLANTAGO MAJOR)

3.1. Морфологічний стан рослин на контрольних та забруднених ділянках

Під час польових спостережень встановлено суттєві відмінності у стані подорожника на контрольних та забруднених ділянках. Контрольні ділянки розташовані біля річки Охтирка у парку біля Кнежі. На цих територіях рослини мали яскраво-зелене листя, листки були великі та рівномірно сформовані, деформації жилок практично відсутні. Забруднені ділянки обрані на виїзді з міста по вулиці Сумській та на стихійному сміттєзвалищі в кінці вулиці Зоряна. На цих ділянках листя подорожника частково жовтіло, з'являлися плями та некротичні ділянки, що свідчить про негативний вплив токсичних речовин.

Середня площа листків подорожника на контрольних ділянках становила $7,8 \pm 0,4 \text{ см}^2$, тоді як на забруднених ділянках вона знизилася до $5,3 \pm 0,5 \text{ см}^2$. Частота проявів пошкоджень листя на забруднених ділянках досягала 65 %, тоді як на контрольних – лише 12 %.

Таблиця 1. Морфологічні показники подорожника на контрольних та забруднених ділянках

Показник	Контрольні ділянки (біля р. Охтирка, парк Кнежа)	Забруднені ділянки (вул. Сумська, сміттєзвалище вул. Зоряна)
Середня площа листка (см ²)	$7,8 \pm 0,4$	$5,3 \pm 0,5$
Частота проявів пошкоджень (%)	12	65
Щільність рослин (шт/м ²)	18	11
Колір листя	Яскраво-зелений	Жовтуватий/плямистий

3.2. Характеристика ґрунту на досліджуваних ділянках

Оцінка стану ґрунту проводилася за допомогою вимірювання кислотності (рН) та тест-наборів для визначення важких металів у польових умовах. На контрольних ділянках біля річки Охтирка в парку Кнежі середній рівень рН становив $6,8 \pm 0,2$, що відповідає нейтральним умовам для росту подорожника. На забруднених ділянках, на виїзді по вул. Сумська та на стихійному сміттєзвалищі вул. Зоряна, кислотність ґрунту була нижчою – $5,9 \pm 0,3$, що створює стресові умови для рослин.

За результатами тестів на важкі метали, на контрольних ділянках концентрація свинцю та кадмію була незначною та відповідала рекомендованим нормам. На забруднених ділянках спостерігалось підвищення концентрації цих металів, що підтверджує вплив транспортного руху та побутових відходів.

Таблиця 2. Характеристика ґрунту на контрольних та забруднених ділянках

Показник	Контрольні ділянки (біля р. Охтирка, парк Кнежа)	Забруднені ділянки (вул. Сумська, сміттєзвалище вул. Зоряна)
рН	$6,8 \pm 0,2$	$5,9 \pm 0,3$
Свинець (Pb)	Низький	Підвищений
Кадмій (Cd)	Низький	Підвищений
Мідь (Cu)	Нормальний	Підвищений

Порівняльний аналіз даних показав чітку закономірність: на забруднених ділянках по вул. Сумська та на сміттєзвалищі вул. Зоряна рослини подорожника мають менші листки, нижчу щільність та частіше проявляють ознаки стресу. Контрольні ділянки біля річки Охтирка в парку Кнежі демонструють стабільний розвиток рослин, без значних морфологічних змін.

Ці результати підтверджують, що подорожник великий ефективно відображає стан ґрунту та рівень його забруднення. Зниження площі листків, частота пошкоджень та зміна забарвлення листя прямо корелюють із підвищеним рівнем важких металів і зниженим рН ґрунту. Практичне значення дослідження полягає у можливості швидкої та доступної оцінки стану рослинності та екологічного стану територій без лабораторного обладнання, використовуючи польові методи та тест-набори для важких металів.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Проведене дослідження показало, що стан подорожника великого (*Plantago major*) суттєво відрізняється на контрольних та забруднених ділянках міста Охтирка. Рослини на контрольних ділянках біля річки Охтирка в парку Кнежі мали більші листки, яскраво-зелене забарвлення, відсутність плям та деформацій жилок. На забруднених ділянках по вул. Сумська та на стихійному сміттєзвалищі вул. Зоряна спостерігалися зменшена площа листків, жовтіючі та плямисті листки, а також часті прояви некрозів.

Характеристика ґрунту підтвердила негативний вплив забруднення: на контрольних ділянках рН ґрунту був близький до нейтрального ($6,8 \pm 0,2$), а концентрація важких металів була низькою. На забруднених ділянках кислотність знижувалася до $5,9 \pm 0,3$, а тест-набори зафіксували підвищену концентрацію свинцю, кадмію та міді, що свідчить про антропогенне забруднення.

Порівняльний аналіз показав чітку закономірність: підвищене забруднення ґрунту супроводжується зниженням росту подорожника, частими морфологічними пошкодженнями та зменшенням щільності рослинності. Таким чином, подорожник великий ефективно виконує роль біоіндикатора стану ґрунту у міських умовах.

Пропозиції

1. **Екологічний моніторинг:** Регулярно проводити спостереження за рослинністю на контрольних та забруднених ділянках для своєчасного виявлення негативних змін та оцінки екологічного стану міста.

2. **Очищення та рекультивація ґрунтів:** Провести прибирання стихійних сміттєзвалищ та відновлення ґрунту на забруднених територіях, особливо вздовж транспортних магістралей.
3. **Освітні заходи та громадська активність:** Інформування мешканців про шкідливий вплив забруднення та заохочення до участі у прибиранні сміттєзвалищ і догляді за зеленими зонами міста.
4. **Використання біоіндикаторів:** Подорожник великий та інші стійкі рослини можна застосовувати для оцінки стану ґрунту та первинного контролю забруднення без потреби у лабораторії, що є ефективним для навчальних та науково-практичних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології: підручник. – Київ: Либідь, 2004. – 408 с.
2. Некос А. Н., Максименко Н. В. Загальна екологія та неоекологія: навч. посіб. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 232 с.
3. Чорний С. Г. Екологія ґрунтів: навчальний посібник. – Миколаїв: МНАУ, 2018. – 116 с.
4. Фатєєв А. І., Самохвалова В. Л. Біогеохімія важких металів у системі ґрунт–рослина: монографія. – Харків: КП «Міська друкарня», 2012. – 320 с.
5. Сафранов Т. А., Приходько В. Ю. Оцінка екологічного стану міського середовища: навч. посіб. – Одеса: Екологія, 2012. – 192 с.
6. Назарук М. М. Урбоекологія: навчальний посібник. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. – 226 с.
7. Боголюбов В. М., Клименко М. О. Техноекологія: підручник. – Київ: Аграрна освіта, 2014. – 340 с.
8. Балюк С. А., Медведєв В. В., Носко Б. С. Сучасний стан ґрунтового покриття України та першочергові заходи щодо його охорони й підвищення родючості // Вісник аграрної науки. – 2017. – № 6. – С. 5–12.
9. Грицан Ю. І. Екологічні основи оптимізації урболандшафтів: монографія. – Дніпро: ДНУ, 2016. – 240 с.
10. Міщенко В. С. Організаційно-економічний механізм поводження з відходами в Україні: монографія. – Київ: Наукова думка, 2010. – 312 с.
11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2022 році. – Суми: Департамент захисту довкілля та природних ресурсів Сумської ОДА, 2023. – 186 с.