

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

06.04 – КМР. 1934 “С” 2020.12.08. 001 ПЗ

БІЛОУС НАТАЛІЇ ВАЛЕРІЇВНИ

2021 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Захисту рослин, біотехнології та екології

УДК 502.3:613.15 (477.53)

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету (Директор ННІ)

Захисту рослин, біотехнології та екології

(назва факультету (ННІ))

(підпис)

Колфмієць Ю.В.

(ПІБ)

“

”

20

р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

в.о. Завідувач кафедри

Екології агросфери та екологічного контролю

(назва кафедри)

(підпис)

Наумовська О.І.

(ПІБ)

“

”

20

р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Флуктуаційна асиметрія фотосинтетичного апарату листя в умовах забруднення повітря Полтавської області

Спеціальність 101 «Екологія»

(код і назва)

Освітня програма «Екологічний контроль та аудит»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор сільськогосподарських наук

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Чайка В.М.

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор біологічних наук

(науковий ступінь, та вчене звання)

(підпис)

Гайченко В.А.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Білоус Н.В.

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2021

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ІННІ) Захисту рослин, біотехнології та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

в.о. Завідувач кафедри

Екології агросфери та екологічного контролю

Доцент, кандидат с-г наук

Наумовська О. І.

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Білоус Наталії Валеріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

101 «Екологія»

(код і назва)

Освітня програма

Екологічний контроль та аудит

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Флуктуюча асиметрія фотосинтетичного

апарату листя в умовах забруднення повітря Подільської області»

затверджена наказом ректора НУБІП України від "08" грудня 2020 р. №1934.С

Термін подання завершеної роботи на кафедру 08 грудня 2021 р.

(рів, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Вивчити морфологічні особливості листкової пластинки листя.
2. Провести порівняння будови листкової пластинки на ділянках з різним ступенем забруднення повітря.
3. Провести зонування дослідної території методом фітоіндикації.
4. Визначити можливість використання методу для практичного застосування.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання "30" листопада 2020 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Гайченко В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Білоус Н.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 52 с., рис. - 9, табл. - 7, джерел літератури - 60.

Об'єкт дослідження - Величина флюктуючої асиметрії

фотосинтетичного апарату.

Предметом дослідження - Морфологічні особливості фотосинтетичного апарату липи в умовах підвищеного антропогенного навантаження.

Мета роботи - Вивчення морфологічних особливостей фотосинтетичного апарату липи в умовах забруднення повітря та можливості

використання виду як фітоіндикатора стану атмосферного повітря.

Методика дослідження - Метод біоіндикації; Теоретичні та емпіричні методи (спостереження, опис, вимірювання); Методи обробки даних (математичний та статистичний аналіз).

Актуальність дослідження - Підвищення інтенсивності впливу антропогенного навантаження на навколишнє середовище потребує екологічної оцінки усіх його складових, насамперед, атмосферного повітря. Це можуть забезпечити ті методи біоіндикації, які ґрунтуються на ступені прояву флюктуанційної асиметрії. Відхилення в білатеральній симетрії може бути показником забруднення атмосферного повітря.

Як відомо, всім живим організмам, і рослинам в тому числі, властива тенденція формування на основі радіальної або білатеральної симетрії. Тобто, симетрія є ознакою оптимального стабільного формування, а відхилення від неї - індикатором впливу на рослину стресових факторів. Слід зазначити, що коефіцієнт флюктуючої асиметрії зростає при зниженні життєвості живих організмів під впливом різних стресових факторів. На цій підставі вважається, що дані з флюктуючої асиметрії придатні для біоіндикації якості середовища існування людини.

Крім цього, методи біоіндикації дають змогу також прогнозувати наслідки як еволюційних природних процесів, так і антропогенного втручання людини.

Зміст

НУБІП України

Вступ..... 6

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД..... 8

1.1 Методи біологічного контролю..... 8

1.2 Сучасні проблеми оцінки якості навколишнього середовища..... 10

1.3 Стійкість розвитку, як показник умов середовища..... 13

1.4 Асиметрія біологічних об'єктів..... 15

1.5 Флуктуюча асиметрія листя рослин..... 18

1.6 Вплив природніх умов проростання на показник флуктуючої асиметрії..... 20

1.7 Соціально-екологічна система міського середовища..... 24

1.8 Фактори, що впливають на рослини в міському середовищі..... 26

1.9 Біохімічні і фізіологічні реакції рослин на антропогенний вплив..... 27

1.10 Морфогенез листа липи..... 28

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ..... 30

2.1 Фізико-географічний опис Полтавського регіону..... 30

2.2 Морфологічне описання липи звичайної (*Tilia cordata* Mill.)..... 34

2.3 Методологія..... 34

2.4 Опис збору матеріалу..... 39

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ..... 41

3.1 Оцінка якості середовища за рівнем флуктуючої асиметрії..... 41

Висновки..... 48

СПИСОК ВИКОРИСТНИХ ДЖЕРЕЛ..... 50

НУБІП України

Вступ

Більшість гострих екологічних ситуацій частіше за все пов'язані з забрудненням навколишнього середовища. Склад атмосферного повітря

постійно змінюється за рахунок присутності в ньому різного роду

промислових відходів і автомобільних викидів. Результат прямого впливу поллютантів може проявитися одразу, якщо їх концентрація є значною, або процес накопичення поллютантів може проходити протягом довготривалого впливу концентрацій вищих за фонові, тобто при їх хронічному впливі.

Найбільш значною діагностичною ознакою, яка відображає ступінь пошкодження лісних екосистем, слугує порушення елементарного складу асиміляційних органів дерев при різних типах і рівнях емісійних навантажень.

В наш час існує великий арсенал методів для виявлення негативних впливів на стан навколишнього середовища. Існуюча система контролю якості

середовища базується на даних фізико-хімічного аналізу якості об'єктів навколишнього середовища, по стану біорізноманіття тощо. Для проведення оцінки якості навколишнього середовища на всіх рівнях використовуються різні підходи, але особливо важливою є біологічна оцінка. Це пов'язано з тим,

що сама стан живих організмів дозволяє прогнозувати такі зміни в середовищі, які можуть привести до необоротних наслідків.

Біологічна оцінка якості середовища залишається пріоритетною, адже дає можливість інтегральної характеристики якості навколишнього середовища, а також дозволяє оцінити антропогенний вплив на середовище існування.

На сьогоднішній день одним із самих ефективних і недорогих методів біомоніторингу є фітоіндикація, адже рослини вважаються надійними індикаторами забруднення природного середовища різними токсичними

речовинами. Вони вимушені адаптуватися до стресового впливу за допомогою фізіолого-біохімічних та анатомо-морфологічних перебудов організму. Фіксація і оцінка цих змін, які можуть реєструватися на самих ранніх стадіях деградації, достовірно відображають стан місця проростання рослин.

Одним із найбільш перспективних підходів для такої характеристики якості середовища є оцінка стану живих організмів за стабільністю розвитку, що характеризується рівнем флюктуючої асиметрії.

Метою роботи є: Вивчення морфологічних особливостей фотосинтетичного апарату липи в умовах забруднення повітря та можливість використання виду як фітоіндикатора стану атмосферного повітря.

Об'єктом роботи є: Величина флюктуючої асиметрії фотосинтетичного апарату.

Предметом роботи виступають: Морфологічні особливості фотосинтетичного апарату липи в умовах підвищеного антропогенного навантаження.

Для виконання роботи були поставлені наступні завдання:

- 1) Вивчити морфологічні особливості листкової пластинки липи.
- 2) Провести порівняння будови листкової пластинки на ділянках з різним ступенем забруднення повітря.
- 3) Провести зонування дослідної території методом фітоіндикації.
- 4) Визначити можливість використання методу для практичного застосування.

Дипломна робота складається з: трьох розділів, що включають 15 підрозділів, висновків та списку використаної літератури, що складається з 60 найменувань

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Методи біологічного контролю

Методи біологічного контролю дозволяють оцінити мінливість

параметрів середовища по наявності, життєздатності і поведінці організмів:

визначити якість води у водоймі, якість ґрунту і атмосферного повітря, а також встановити ступінь їх забруднення і стан біоценозів. Поєднання методів хімічного і біологічного аналізу є основою моніторингу стану навколишнього середовища і необхідне для прогнозу його змін.

В біологічному моніторингу розрізняють біотестування, біоіндикацію та біомоніторинг.

Біотестування – це оперативний метод прямої оцінки якості води, в тому числі стічних вод підприємств, ґрунту, кормів, а також інших субстратів шляхом експериментального визначення дії конкретних забруднюючих чи токсичних речовин на живі організми, або так звані тест-об'єкти.

Тест-об'єкти – це організми-біоіндикатори, реакції яких відомі і попередньо градуйовані за ступенем впливу.

Біоіндикація – це комплексна оцінка інтенсивності і наслідків довготривалого забруднення навколишнього середовища або іншого впливу на нього по наявності індикаторних організмів, таксономічному складу ценозів, за порушення в функціонування спільнот або ж інших відхиленням в нормальному розвитку організмів.

Біомоніторинг – це постійний контроль, що включає в себе, як методи біоіндикації, так і методи біотестування, за станом екосистем по біологічним параметрам згідно попередньо і чітко здійснюваній програмі польових і лабораторних досліджень, при яких проводиться також кількісне вимірювання показників.

Біомоніторинг є частиною екологічного моніторингу і на відміну від фізико-хімічних методів не дає точних і конкретних результатів. Основна перевага біомоніторингу – оцінка якості навколишнього середовища і ступеня його забруднення за станом біоти на різних рівнях організації живої матерії.

При проведенні біоіндикації і біомоніторингу необхідні інформативні біологічні об'єкти, біоіндикатори.

Біоіндикатор – особи одного виду або іншої таксономічної групи в спільноті, за наявності, станом і поведінкою яких судять про зміни в природному середовищі, про наявність і концентрацію забруднення.

Іншими словами, біомоніторинг дозволяє визначити комфортність існування в конкретній екосистемі видів і груп організмів, найбільш чутливих до забруднення і трансформації природного стану середовища, а також опосередкований вплив на здоров'я людини.

Окрім біотестування, більшість методів відноситься до пасивної біоіндикації і дають змогу візуально визначити комплексну реакцію живої природи у відповідь на довготривалий вплив різних антропогенних факторів і при достатньо тривалому спостереженні зробити прогноз про подальший напрямок змін в екосистемі.

Важливо, щоб вибрані для індикації рослини відповідали ряду вимог:

- Були достатньо чутливими до досліджуваного фактору;
- Зберігали відгук на дію полютантів;

Надійно фіксували ознаки враження;

- Характеризувалися оперативністю між проявом змін і дією забруднювача;

- Володіли достатньою інформативністю і градацією змін відповідно до вмісту токсикантів у повітрі;

- Були розповсюджені в районі дослідження.

Використання рослинних об'єктів для біоіндикаційних цілей правомірно у зв'язку з тим, що вони поглинають основну масу забруднень і, розташовуючись на одному місці, знаходяться під їх постійним впливом.

Разом з тим, враховуючи не специфічність реакції рослинності на негативну дію середовища, для отримання об'єктивних відомостей важливо мати дані не по одному, а по декільком ознакам. Для чіткого представлення не менш актуальним є також співставлення цих змін у рослин, які ростуть на

міській території і поза її межами на значній відстані від джерел емісії, враховуючи розу вітрів.

Забруднення повітря слугує досить значним екологічним фактором, який негативно позначається на морфогенезі та метаболізмі. В ході обмінних

процесів поглинуті рослинами домішки можуть терпіти різні перетворення. Вклинювання утворених продуктів в тканини асиміляційного апарату веде до зміни вкладу окремих компонентів, їх різницю від еволюційно сформованого співвідношення, що може розглядатися в якості індикаційних ознак.

Одним із показників екологічного стану повітряного середовища селітебних, промислових та рекреаційних зон є використання асиміляційного апарату дерев, оскільки через його елементи в організм проникає основна маса забруднюючих речовин. Його використання дозволяє враховувати індивідуальну мінливість.

1.2 Сучасні проблеми оцінки якості навколишнього середовища
Господарська діяльність людини с кожним роком посилює антропогенний вплив на природне середовище в цілому, і зокрема на екосистеми і їх окремі компоненти. В ситуації, яка склалася велике значення

для процесу відновлення має вивчення впливу природних і антропогенних факторів на стану всіх живих організмів.

При зовнішній простоті задачі практичне рішення оцінки стану навколишнього середовища вкрай важке. Уже зараз існують тисячі методів такої оцінки. Однак, не дивлячись на великий вибір методів оцінки, часто використовують методи біологічної індикації, котрі мають деякі переваги. Існує біоіндикація, біотестування, токсикологія, використовуються біосенсори та біомаркери, інтенсивно вивчаються гормональні порушення і

т.д.

Біоіндикація часто використовується для регулювання і контролю надходження забруднюючих речовин в об'єкти навколишнього середовища. Цей метод швидко відображає зміни, які відбуваються в екосистемі і в більшості випадків не потребує дорогих приборів. Біоіндикаційні показники

НУБІП УКРАЇНИ

об'єктивно характеризують поточний стан рослин, а також дають змогу судити про стійкість екосистем і робити обґрунтовані екологічні прогнози. Методи біологічної індикації широко використовуються в промислово розвинених країнах [6].

НУБІП УКРАЇНИ

Формування умов середовищ, котрі можуть бути визначені методом біоіндикації, відбувається під впливом комплексу факторів. Цей комплекс величезний і може надавати як позитивний, так і негативний вплив на організм. В сучасній практиці екологічних обстежень дуже рідко зустрічаються випадки впливу на навколишнє природне середовище лише одного діючого фактору.

НУБІП УКРАЇНИ

Різні фактори можуть послабляти дію одне одного, знешкоджуватися середовищем при самоочищенні, створювати вторинні фактори, посилювати вплив одне одного на живі об'єкти і т.д. При такому підході неможна передбачити, як будуть сумарно впливати на живий організм фактори навіть малої інтенсивності, не шкідливі поодинож.

НУБІП УКРАЇНИ

Можливість комплексної оцінки стану навколишнього середовища, що знаходиться під впливом всього різноманіття факторів, дає біологічна оцінка.

НУБІП УКРАЇНИ

Біоіндикатори сумують дію всіх без виключення біологічно важливих факторів антропогенного впливу і відображають це у вигляді різних ознак і властивостей. Також біоіндикатори здатні вказувати місця скопчення в екологічних системах різних забруднюючих речовин.

НУБІП УКРАЇНИ

Дослідник за допомогою біоіндикаторів може фіксувати швидкість змін, що відбуваються в середовищі, вивчити тенденції розвитку навколишнього середовища, контролювати стан середовища без необхідності постійної реєстрації хімічних та фізичних параметрів, які характеризують стан навколишнього середовища. Не дивлячись на всю важливість хімічних та

НУБІП УКРАЇНИ

фізичних аналізів для характеристики стану навколишнього середовища і отримання концентрацій забруднюючих речовин, біологічна оцінка стану середовища має переваги, оскільки є можливістю комплексної оцінки.

Самі по собі дані про зміст певного хімічного з'єднання чи присутність фізичного фактору мало говорять про благоустрій середовища, для оцінки якого важлива не концентрація певного з'єднання, а знання про силу його

впливу. Позитивність чи негативність певного впливу і його наслідків може

бути визначена по стану живих організмів за допомогою біоіндикації. Саме живі організми здатні дати найбільшу кількість інформації про навколишнє середовище, адже вони замикають на собі процеси, які проходять в екосистемі.

Різноманітність забруднюючих речовин і видів впливу на навколишнє середовище постійно зростає. Це означає, що визначення складу кожного з них

в різних компонентах середовища і лабораторна оцінка їх токсичності, в особливості кумуляційного ефекту всього різноманіття поєднань різних впливів, стає неможливою. Завжди є шанс, що якісь з'єднання, котрі

здійснюють згубний вплив на живі організми, не було враховані. Крім цього,

трудомісткість і велика ціна визначення забруднюючих факторів не дає можливості здійснювати оцінку стану середовища на значних площах.

Сучасні методи біоіндикації відрізняються високою чутливістю.

Наприклад, в деяких випадках вони дозволяють реєструвати забруднюючі

речовини в декілька разів нижчі за ГДК, практично без фізико-хімічних аналізів, проб повітря, визначати рівні забруднення атмосфери на великих територіях, розробляти екологічні нормативи антропогенних впливів на екосистеми і багато іншого [24].

Висока чутливість деяких біоіндикаційних методів дозволяє виявити навіть початкові зміни в стані живих організмів. Важливим є також і те, що при такому підході для багатьох об'єктів можливе проведення прижиттєвої оцінки [33].

Порівняно з біоіндикацією традиційні методи мають здійснювати збір даних безперервно. В тих випадках, коли вимірювання проводяться з якоюсь періодичністю, можна допустити одиничний, навіть значний скачок одного з факторів. В той час, як біологічні об'єкти не можуть пропустити вплив різних

факторів середовища, на які формується відгук у тест-об'єкту у відповідь на кожен з них.

Також слід врахувати, що реєстрація хімічних факторів може опинитися

недостовірною у випадках, коли забруднювачі не виявляються у абіотичному середовищі, але знаходяться в значних кількостях в біологічних компонентах.

До недоліків біоіндикції перед фізико-хімічними методами можна віднести: по-перше, відсутність інформації про джерело забруднення; по-

друге, відсутність інформації про кількісний склад кожного забруднювача в середовищі, адже оцінюється тільки сумарний вплив; по-третє, оцінка

ускладняється просторово-часовою диференціацією видової структури, адже ценопопуляції одного й того ж виду, але різних спільнот, характеризується

різними екологічними умовами існування і різноманітними реакціями на дію фактору; по-четверте, присутня періодичність розвитку організмів в

залежності від пори року, кліматичних факторів та часу доби [24].

1.3 Стійкість розвитку, як показник умов середовища

Згідно до суттєвого підходу в сфері оцінки біологічних процесів, всі процеси мають допустимі незначні відхилення від норми розвитку. За рахунок

них незначних відхилень, які виконують роль буферних механізмів, розвиток живих організмів протікає у всіх однаково, не дивлячись на деякі генетичні

впливи та впливи середовища. Даний механізм називається «стійкість розвитку» або ж «гомеостаз розвитку».

Якщо ми говоримо про високу стійкість, то це значить, що розвиток організму проходить по строго визначеному шляху без відхилень від норми. З

точки зору теми дослідження під нормою розуміється генетично обумовлена симетрія білатеральних морфологічних структур. Разом з цим можливі

випадки, коли при високому рівні негативного впливу у організму, що розвивається, не спрацьовують гомеостатичні механізми регулювання, що і

призводить до порушення в розвитку і появи відхилень від нормальної будови, заявляється асиметрія. В такому випадку порушення в розвитку організму

будуть мати місце при погіршенні його стану, але не будуть являтися причиною загибелі.

Встановлено, що в оптимальних для існування виду умовах спостерігається найменший рівень відхилень від норми. Будь-який стресовий

вплив на організм викликає його реакцію у відповідь, яка може проявлятися як в функціональному, так і в морфологічному порушенні розвитку організму.

Базуючись на твердженні, що симетрія – це генетично задана норма у білатеральних ознак, ми можемо оцінити ступінь розвитку і ступінь порушень

по величині показників асиметрії. Особливістю методики є те, що при дослідженні організмів різних таксономічних груп, інтегральним показником їх благоустрою прийнято вважати ефективність фізіологічних процесів, які забезпечують нормальний розвиток організму.

В силу того, що умови середовища ніколи не будуть ідеальними, завжди

будуть відхилення від ідеальної симетрії. Мінімальною кількістю помилок буде характеризуватися сильна система, а слабка – більшою кількістю. Такого роду помилки в розвитку можуть бути оцінені коефіцієнтом флюктууючої асиметрії. Сучасні науковці пропонують вважати визначення флюктууючої

асиметрії одним з морфологічних методів оцінки стану і динаміки біосистем, а сам показник флюктууючої асиметрії – індексом стійкості розвитку організму.

Отримана інтегральна оцінка стану навколишнього середовища є відповіддю на питання, яка реакція живого організму на негативний вплив, який мав місце в період його розвитку [12].

В деяких роботах було показано, що визначення умов середовища відповідає певному рівню помилок в процесі розвитку. Цей рівень може бути зовсім іншим при інших шкідливих умовах. Ці шкідливі умови при розвитку

можуть зачіпати лише конкретний вид, в цьому випадку зміни в розвитку

можуть бути виявлені лише у нього. В той же час, якщо вплив певного фактору зачіпає групу видів, то схожа реакція буде виявлена вже в різних видів.

В працях неодноразово було підтверджено, що визначення рівня флюктууючої асиметрії дає характеристику стану всього організму.

Слідє також відмітити, що при виборі даного методу дослідник повинен гарно уявляти коло тих питань, на які може дати відповідь оцінка стійкості розвитку. Наприклад, не тільки при забрудненні, але і при гібридизації можуть відбуватися зміни в розвитку, які будуть виражені збільшенням коефіцієнту флюктуючої асиметрії.

1.4 Асиметрія біологічних об'єктів

В сучасній біології симетрія – це явище, яке охоплює всі організми і групи організмів на всіх рівнях організації живої матерії [14]. Будь-який розвиток живих організмів не носить досконалий характер і завжди супроводжується наявністю асиметрії в більшому чи меншому ступені. Тому явище асиметрії іноді більш розповсюджене ніж симетрія, а значить, має не меншу цікавість. Його вивчення має, як теоретичне, так і практичне значення.

Для біологічних об'єктів найбільш розповсюдженою в практичних дослідженнях є класифікація асиметрії, яка була запропонована Ван Валеном. Згідно до неї все різноманіття асиметрії розділяється на три типи.

Перший тип прояву асиметрії – це направлена асиметрія. Для цього типу асиметрії характерний нормальний розвиток якоїсь структури в більшій ступені, тільки на одній стороні, при цьому розвиток цієї сторони генетично строго закріплено і не визначається випадковим чином.

Подібний тип асиметрії, як правило, є результатом пристосувань, які були вироблені в ході філогенезу. Прикладом цього може слугувати серце ссавців чи других непарний органів, а у рослин – листові пластини бегоній [9].

Другий тип прояву асиметрії – це антисиметрія. При даному типі асиметрії відмічається негативний зв'язок прояву ознаки на різних сторонах білатеральної структури. Іншими словами, ознака проявляється тільки на правій або тільки на лівій стороні, притому, для цієї асиметрії генетично обумовлений лише сам факт відмінностей, а не сторона прояву. Дане явище відмічене у деяких видів молюсків, більший розвиток правої або лівої клішні у крабів.

Всі вищеперераховані типи асиметрії передаються спадково і представляють собою суттєві відмінності в будові частин тілі, та мають адаптивне значення. Однак існує і інша сторона цього явища, коли прояв

асиметрії не закріплений генетично, не регулярний, випадковий та виражається у незначних відхиленнях від суворої симетрії. Ці властивості характеризують третій тип асиметрії – флуктуючу асиметрію.

Флуктуюча асиметрія – це незначні відхилення від суворої білатеральної симетрії живих організмів, які незалежно проявляються в різній ступені налюбій із сторін, а також не призводять до змін норм реакції виду.

Діагностується така асиметрія по нормальному розподілу відмінностей між сторонами ознаки. Флуктуюча асиметрія характеризує різницю між гомологічними структурами всередині одного індивіду.

Явищем флуктуючої асиметрії охоплені практично всі білатеральні структури у самих різних видів живих організмів. Навіть у тих структур, які при загальному поверхневому аналізі можуть бути оцінені, як повністю симетричні, при більш ретельному розгляді виявляється та чи інша ступінь прояву флуктуючої асиметрії.

Флуктуюча асиметрія може бути охарактеризована, як одна з найбільш простих і доступних для аналізу прояву випадкової мінливості розвитку.

Із усіх трьох вище описаних типів асиметрії адекватним індикатором стійкості розвитку може слугувати лише флуктуюча асиметрія. За думкою більшості дослідників, флуктуюча асиметрія – це єдиний показник, який відображає стійкість розвитку. При цьому, направлена асиметрія, як і антисиметрія, супроводжуючи флуктуючу асиметрію, не можуть ігноруватися при визначенні загального показнику гомеостазу розвитку [39].

Явище флуктуючої асиметрії має місце навіть при інших типах асиметрії, в такому випадку вона представляє собою відхилення не від суворої симетрії, а від певної середньої симетрії.

Припущення про еволюційний зв'язок флюктуючої асиметрії, антисиметрії та направленої асиметрії відкидаються, адже для цього немає ніяких генетичних і морфогенетичних підґрунть [31].

Флюктуюча асиметрія є основним показником гомеостазу розвитку на відміну від інших типів асиметрії та дає змогу визначити порушення в розвитку, яке відбувається на основі одного і того ж генотипу [47].

Ця симетрія спостерігається лише у еукаріот внаслідок нездатності організму розвиватися по заданим шляхам і проявляється у вигляді конкретних ознак і властивостей. При цьому появу флюктуючої асиметрії і ступінь її вираженості залежить, зазвичай, від зовнішніх умов. Флюктуюча асиметрія буває мінімальною лише при оптимальних умовах середовища.

Очевидно, що для оцінки величини флюктуючої асиметрії по інтегральному показнику має значення, як частота прояву асиметричної ознаки, так і вираженість.

Показник реагує на зміни будь-якого фактору і стабільний при адаптації до умов, що змінюються. Таким чином, на основі періодичного визначення цього показника можна прослідкувати зміни умов існування об'єкту навколишнього середовища.

Являючись показником випадкових відхилень в розвитку, флюктуюча асиметрія одночасно є неспецифічним показником умов розвитку, що дає можливість використовувати її для оцінки умов існування, як природних, так і штучних популяцій [19].

Відмінності між сторонами при флюктуючій асиметрії є незаними і тому не мають самостійного адаптивного значення. Також, слід враховувати, що ці асиметричні зміни структур і функцій порівняно незалежні, тобто морфофункціональна організація має допустимий люфт у відношенні кожної функції, і, навпаки, умови функціонування допускають невеликі селективно-нейтральні зміни структур. Тому флюктуюча асиметрія не може привести до порушення нормального функціонування будь-якої структури, а також не надає відчутного впливу на життєздатність організму.

Важливо, що багато популяцій, в тому числі і просторово віддалені одне від одного, характеризуються схожим рівнем стійкості розвитку. В той же час його відхилення спостерігається при суттєвих змінах середовища і на

незначному просторі. Це приводить до висновку про те, що багато популяцій

виду, не дивлячись на деякі відмінності, мають схожий оптимум по стійкості розвитку, що дозволяє виділити популяції, які існують і при неоптимальних умовах.

1.5 Флуктуюча асиметрія листя рослин

Флуктуюча асиметрія широко розповсюджене явище. Їм охоплені практично всі білатеральні структури самих різних живих істот. Більш того, це явище можливе навіть при інших типах асиметрії, в такому випадку вона представляє відхилення не від точної симетрії, а від певної середньої симетрії.

По формі вираження вона представляє незначні відхилення від строгої

білатеральної симетрії, а спостережувані відхилення, скоріше можуть бути віднесені до випадкових порушень розвитку, ніж до направлених змін. Відповідно, ці незначні відхилення не несуть функціональної значимості, і

знаходяться в межах певного проміжку, який допускається природнім

добором. Флуктуюча асиметрія є проявом внутрішньо-індивідуальної мінливості, тобто характеризує різницю між гомологічною структурою (в середині одного індивіду). Схожий тип мінливості широко розповсюджений у

рослин, де в межах одного індивіду, можна провести різносторонній аналіз

метамерних структур, наприклад листя. Але важливо відмітити, якщо рівень

флуктуючої асиметрії є характеристикою особи, а значить, можна оцінювати різницю різних груп особин по середньому рівню відмінностей між сторонами, то дане явище може розглядатися і з позиції популяційної

мінливості. Розглядаючи основні риси флуктуючої асиметрії, можна виділити

три основні особливості:

1. Незначність – виявляється природою цього явища, а значить, якщо ці відмінності випадкові, то вони мають бути незначними. Виникаючі суттєві різниці між сторонами зазвичай елімінуються добором. Якщо це не

відбувається, а поява цих різниць постійна, то можна говорити про її адаптаційний характер, і вони можуть бути не випадковими.

2. Не направленість – також наслідок причин, які були описані вище. Ці риси свідчать про взаємоскоречення випадкових різнонаправлених відмінностей між сторонами у окремих особин.

3. Незалежність прояву – виходячи із випадковості порушень розвитку ознаки, залежність в прояві відмінностей справа і зліва має бути відсутньою.

Це має місце, якщо все фенотипічне різноманіття в групі особин, що розглядаються, є наслідком випадкових порушень в розвитку, в достатньо одноманітних, з точки зору генотипу і середовища, умовах [3].

Важливою характеристикою даного методу, що підкреслює його універсальність, є можливість його використання у відношенні представників різних груп живих істот. Серед всіх біоіндикаторів рослини є найбільш зручними, адже вони – основні продуценти, які знаходяться на межі двох середовищ – ґрунту та повітря, а також ведуть прикріплений спосіб життя. Для біоіндикації великих територій краще використовувати саме деревні рослини, адже трав'янисті в більшій ступені відображають мікробіотопічні умови.

Флуктуюча асиметрія листя дерев широко використовується для оцінки якості навколишнього середовища.

Відсутність симетрії може бути результатом випадкових подій в розвитку організму. При нормальних умовах розвиток захищений від таких випадковостей і асиметрія мінімальна. При стресі ефективність захисних механізмів знижується, що призводить до підвищення рівня асиметрії [4].

Вчені в своїх роботах показують, що рівень флуктуючої асиметрії зростає при дії будь-яких стресових факторів середовища.

При ідентифікації білатеральних ознак і верифікації їх флуктуючого характеру, особливо важливий правильний підбір об'єктів дослідження, тим паче, якщо вони піддаються дослідженню вперше.

Таким чином, флюктуюча асиметрія може бути охарактеризована як один із найбільш звичайних і доступних для аналізу прояв випадкової мінливості розвитку.

1.6 Основні результати вивчення коефіцієнту флюктуючої асиметрії

рослин
Оцінка стану середовища з використанням коефіцієнту флюктуючої асиметрії проводилась як локально, в районі певного джерела забруднення, так і в великому масштабі великих регіонів.

Морфологічний підхід успішно застосовувався при оцінці промислових забруднень, наслідків аварії на Чорнобильській Атомній Станції. Результати оцінки рекреаційних територій, частіше за все підтверджують висновки, які були отримані іншими методами [6].

Основні дискусії ведуться по методологічним проблемам і методичним аспектам оцінки величини флюктуючої асиметрії. Аналіз літератури показує, що спектр цих досліджень дуже великий. Все більше уваги уділяється використанню коефіцієнту флюктуючої асиметрії рослинних об'єктів для цілей біомоніторингу.

1.6 Вплив природних умов проростання на показник флюктуючої асиметрії

Вважається, що коефіцієнт флюктуючої асиметрії набагато більше залежить від антропогенних впливів, ніж від природних. Але питання, коли екстремально низькі температури або мала тривалість сонячного дня визвуть більший негативний ефект, ніж антропогенні фактори, залишається відкритим.

На даний момент ведуться дослідження цього питання і отримані деякі результати, але до цих пір є необхідність подальшого вивчення і аналізу впливу природних факторів середовища на розвиток рослин.

Аналіз літератури показав важливість вивчення впливу клімату на рослини і на показник флюктуючої асиметрії. Проблема стійкості рослин до шкідливих для життя умов є однією з центральних в екологічній фізіології.

Вивчення цього впливу ускладнюється тим, що зниження стійкості розвитку

рослин відбувається, як при підвищених, так і при понижених характеристиках умов середовища.

В наш час механізми впливу природних умов на асиміляційний апарат деревних рослин прослідкований тільки частково. Робіт на цю тему дуже мало,

стає очевидною необхідність вивчення даного питання.

Дослідження з метою встановлення зв'язку флюктууючої асиметрії з цим параметром середовища складні у виконанні, а виявлені зв'язки часто

потребують експериментального підтвердження. Складність вивчення

пояснюється і тим, що рівень стійкості розвитку є неспецифічним показником умов розвитку. Тому окрім комплексу кліматичних умов, вплив надає ще

більший комплекс різних антропогенних факторів, рівень яких неоднаковий, що призводить до відсутності чіткої залежності флюктууючої асиметрії з

окремими факторами.

Серед факторів, що діють на рослину, велике значення має температурний режим. Але не дивлячись на довготривалий термін досліджень, задовільної теорії стійкості рослини поки не існує. Значимість проблеми також

обумовлена тим, що на 63% території суходолу рослини піддаються згубній дії низьких температур. Як відзначають багато авторів, в зв'язку зі змінами

клімату на планеті значимість проблеми зростає, оскільки обумовлене антропогенними факторами загальне потепління супроводжує його посилення

нестійкість. Разом з тим, відомо, що як низькі, так і високі температури при певних умовах здатні підвищувати стійкість рослин.

І. В. Мокровим був проведений ретроспективний кореляційний аналіз з використанням коефіцієнту рангової кореляції Спірмена. Кореляційний аналіз

проводили між величиною флюктууючої асиметрії в червні та характеристиками клімату с березня по червень. Для аналізу були використані

найбільш інформативні характеристики клімату, які суттєво впливають на ріст і розвиток рослин, всього було використано 36 характеристик, але деяких

значимих для рослин факторів, таких як сума активних температур і т.д., вивчено не було.

Був встановлений лімітуючий вплив міжрічних відмінностей ходу деяких характеристик клімату на формування рівня величини флуктуючої асиметрії берези, зростаючої, як в умовах антропогенного забруднення, так і на заповідній території.

Для багатьох видів тварин були виявлені циклічні сезонні зміни рівня флуктуючої асиметрії в популяціях, зазвичай пов'язаних з різницею в стійкості розвитку особин різних генерацій.

Існує можливість використання критерію флуктуючої асиметрії, як популяційної характеристики. Однією з найбільш цікавих задач при дослідженнях міжпопуляційної мінливості є оцінка периферії ареалу. Були проведені дослідження на наявність зв'язку флуктуючої асиметрії і висотної периферії ареалу. Зниження стійкості розвитку спостерігалось на висоті, близької до межі висотного розповсюдження виду [24].

Було проведено дослідження, результати якого показали, що три вибірки з меншою висотою (від 150 до 1800 м) мали нижчі значення флуктуючої асиметрії, ніж дві інші вибірки з більшої висоти (від 1900 до 2300 м). При цьому різниці навіть між близькими за висотою точками із різних груп статистично значимі. За думкою авторів цього дослідження (Захаров та інші) можна проводити такі дослідження і в інших високогірних точках.

Одночасно з вивченням географічної периферії ареалу ведуться дослідження, направлені на вивчення екологічної периферії. В багатьох роботах проведені дослідження, в яких показано, що зниження стійкості розвитку є індикатором погіршення стану організму на екологічній периферії ареалу [15]. Було відмічене збільшення показника флуктуючої асиметрії на периферії порівняно зі значеннями центру. Отримані в ході дослідження дані підтверджували зниження стійкості розвитку на периферії, наприклад, показник флуктуючої асиметрії опинився значно вищим в крайній північній точці, ніж в південній.

Спостерігалося достовірне збільшення рівня флюктуючої асиметрії берези повислої при зменшенні площі островків, де були зібрані зразки та збільшенні їх відкритості і доступності вітрам [40].

Порушення стійкості на екологічній периферії ареалу було відмічене неодноразово, але питання оцінки стійкості розвитку залишається достатньо складним в зв'язку з зростаючим антропогенним навантаженням. Такі умови, відмінні від оптимальних, можуть мати місце не тільки на географічній периферії але і в інших частинах ареалу, наприклад, в його центрі. Це може відбуватися не тільки в силу антропогенних, але і природних причин, особливо це проявляється у рослин. Все це ставить задачу більш детальної характеристики умов екологічної периферії ареалу виду.

Складність оцінки проявляються і на більш низькому рівня, наприклад при мінливості в межах однієї особини, де рівень асиметрії не є постійним. В багатьох роботах було зазначено, що в багатьох випадках спостерігається зменшення рівня асиметрії ознак листа з верхньої частини крони порівняно з нижньою. Чим вище знаходиться листя, тим воно в середньому дрібніше, тим менша їх загальна мінливість і рівень асиметрії по деяким ознакам. На величину асиметрії також впливає тип пагону [36].

При груповій мінливості величина флюктуючої асиметрії у окремих особин не залишається постійною. Наприклад, спостерігається підвищення рівня асиметрії листа у дерев берези пухнастої і з звивистим стовбуром, що можна пояснити порушенням притоку поживних речовин, що необхідні для розвитку рослин. Було встановлено, що на рівень асиметрії ознак може надавати вплив також і ступінь відхилення особин від типової форми берези пухнастої, виражена у вигляді гібридного індексу, і механічні пошкодження дерев [36].

Аналіз повільно і швидкозростаючих угруповань особин в популяціях виявив суттєву різницю між ними по рівню флюктуючої асиметрії. Більш високий рівень асиметрії у повільно зростаючих індивідів можна розглядати,

як наслідок зниженої стійкості розвитку порівняно з швидко зростаючими [42].

Були проведені дослідження про вплив на рівень розвитку стійкості при підвищеній щільності і при соціальному стресі у різних видів. В роботі

Гаврикова було показано, що флюктуюча асиметрія збільшується в густонаселених районах, однак в інших роботах цей зв'язок знайти не вдалося.

В деяких випадках суттєвою є належність досліджуваних особин до різних вікових груп. В ряді робіт було відмічено зменшення рівня флюктуючої асиметрії з віком у лабораторних щурів. С іншого боку, флюктуюча асиметрія однометричних ознак по мірі старіння тварин може зростати. У рослин різниця між віковими станами по рівню флюктуючої асиметрії в одному місцезнаходженні не є значною.

Підвищений показник асиметрії в природних біотопах відмічений у дерев, які зростають в умовах порушених і збіднених ґрунтів, а також в умовах міжвидової в внутрішньовидової конкуренції.

1.7 Соціально-екологічна система міського середовища

По мірі розвитку, освоєння природного середовища і росту урбанізованих територій, поселення у взаємодії з оточуючим їх природним середовищем перетворилися в нову динамічну, не відому раніше в історії планети соціально-екологічну систему різних рівнів – від локального до глобального. Нове для планети міське середовище виникло внаслідок розвитку поселень і їх впливу на середовище.

Місто, взаємодіючи з природою, виділяє в навколишнє середовище безліч різних матеріалів, речовин і енергії, і в місто також поступають ці матеріали, речовини та енергія.

Всередині міста ці потоки пересікаються та взаємодіють, що призводить до появи нових виробів, речовин і впливів. Безліч видів речовин і енергії після їх використання в місті поступають в природу, в тому числі в атмосферу, гідросферу чи в ґрунт у вигляді забруднень. Знання основ взаємодії міста і

природи як геосоціальної системи може допомогти розробці більш екологічних шляхів розвитку міста.

В соціально-екологічну систему входять два основні взаємодіючі компоненти – соціальний та екологічний, які в місті з екологічним

середовищем мають бути стійкими, мати здатність до самоприспособування і самоадаптації.

Соціальний компонент включає в себе людську спільноту, всі види їх діяльності, штучну об'єкти і забудовані території, і зазвичай знаходяться в межах населеної території.

Екологічний компонент – це всі види природних територій і ресурсів, в тому числі природні і культурні ландшафти, які складають екологічний слід.

Підтримка стійкої соціально-екологічної системи міста і його середовища – це не консервація динамічного середовища, а його здатність

витримувати зовнішні і внутрішні впливи без руйнування і змін фундаментальних функцій, здатність повертатися до початкового стану після змін від негативних факторів, тобто самоадаптацію, самоприспособування.

Соціальний і екологічний компоненти системи не тільки постійно

змінюються, але й активно взаємодіють між собою, впливають одне на одного.

Стан стійкості соціально-екологічної системи залежить і від ступеня позитивності чи негативності впливу і взаємовиявлення її компонентів.

В умовах об'єктивної нестійкості світу адаптивна здатність соціально-екологічних систем має фундаментальну цінність як умови їх розвитку. Тому актуальною проблемою людства є створення максимально еластичний та адаптивних соціально-екологічних систем міст всієї планети.

Природня екосистема (біогеоценоз) – стійко функціонує тільки при постійній взаємодії елементів, круговороті речовин, передачі хімічної,

генетичної і друдої енергії і інформації по каналам. Поміхи як результат людської діяльності порушують екосистеми практично по всій земній поверхні. Особливо небезпечним є переривання біотичного круговороту (наприклад, зміна ландшафтів).

З усіх видів антропогенних впливів найбільш небезпечні забруднення – це фактор, який суттєво руйнує природу і призводить до необоротних змін окремих екосистем і біосфери в цілому, так і до втрати матеріальних цінностей.

Забруднення можуть бути природними і антропогенними. Антропогенне забруднення ділиться на фізичне, механічне, хімічне та біологічне. Всі види забруднення впливають на біосферу, впливаючи на її еволюцію.

1.8 Фактори, що впливають на рослини в міському середовищі

Основні екологічні фактори в містах суттєво відрізняються від тих, що впливають на рослини в природному середовищі. Частіше за все звертають увагу на особливості повітряного середовища.

Світловий режим характеризується значним зниженням приходу сонячної радіації через запилення і задимленість повітря. В містах з багатоповерховими будівлями багато рослин опиняються в умовах прямого затінення або відчувають значне скорочення світового дня. Безсумнівно, змінюється і якісний склад світла через зменшення прозорості повітря.

Найважливішою умовою існування рослин, як і людини, є повітряне середовище. Міське повітря по основному газовому складу мало чим відрізняється від повітря природних місць існування, головна відмінність полягає в присутності різних домішок-забруднювачів.

Довгий час головними забруднювачами міського повітря були димові гази – продукт спалювання палива – і двоокис сірки, що утворювався при спалюванні низькосортного вугілля. З середини XX століття почався масовий наступ індустріальних забруднювачів на міський повітряний басейн. Джерела цього забруднення – перш за все промислові підприємства, з'явився цілий ряд хімічних речовин. В опадах, що випадають над містом, концентрація тільки розчинених компонентів доходить до 100 мг/л. По оцінкам деяких вчених, на 1 км² міської території кожного року випадає 20-30 т різних речовин, це в 4-6 раз більше ніж в сільській місцевості. До двоокису сірки додалися озон, фтористий водень, оксиди азоту, важкі метали, різноманітні аерозолі і пилові

частинки. Специфічні міські забруднювачі – вихлопні гази автомобілів, що включають чадний газ і оксиди свинцю, джерелом якого слугує тетраетилсвинець, який додається до бензину для підвищення октанового числа.

1.9 Біохімічні і фізіологічні реакції рослин на антропогенний вплив
Рослинам-біоіндикаторам відводиться особливе місце при оцінці стану навколишнього середовища через їх індивідуальні особливості. Рослини

мають автотрофний характер метаболізму, в зв'язку з яким вони характеризуються високою чуттєвістю. Окрім цього рослини, на відміну від тварин, прив'язані до субстрату, що допомагає робити комплексну оцінку стану навколишнього середовища і здійснювати контроль забрудненості повітряного середовища, ґрунту та гідросфери.

Для виявлення специфічних забруднювачів повітряного середовища і слідкування за динамікою цього забруднення можливе застосування чутливих видів рослин. До їх числа відносяться нижчі рослини, лишайники, гриби, деякі вищі рослини. Толерантні або стійкі індикаторні види, а також їх угруповання використовуються для характеристики ґрунтових умов, визначення концентрацій важких металів.

Сфагнові мохи і лишайники можуть бути використані як акумулювативні індикатори забруднення навколишнього середовища.

В оцінці забруднень наземних екосистем широко використовується дендроіндикація. При цьому існує декілька інформативних параметрів, що дають змогу дати оцінку стану середовища для моніторингу і екологічного нормування. До їх числа відносяться.

- продуктивність деревостою;
- маса листопаду дерев;
- спільний запас деревостою;
- частка сухостою по запасу;
- маса фотосинтетично активних фракцій (індекс листової поверхні,

співвідношення біомас асиміляційних і запасуючих органів);

НУВБІП УКРАЇНИ

щільність підросту, сходів і самосіву домінуючих порід. Вивчення ширини рокових кілець дерев є достовірним методом але рідко використовується. В сприятливі по гідрометричним умовах роки ширина річних кілець збільшується, а в роки засух, навпаки, різко зменшується.

НУВБІП УКРАЇНИ

Багато рослин, зокрема вищі, інтенсивно накопичують сірку. Така особливість знаходить чітке відображення в структурі листя: чим більше накопичено сірки, тим більше листя схильне до пошкоджень. Спочатку виникають опіки, потім листові пластинки деформуються і відмирають.

НУВБІП УКРАЇНИ

Сірчаний газ руйнує хлорофіл, порушує структуру хлоропластів і знижує інтенсивність фотосинтезу, через що ріст рослин сповільнюється, падає стійкість до несприятливих умов середовища [56].

НУВБІП УКРАЇНИ

Аналіз росту і динаміки продуктивності деревостою в умовах порівняно високих рівнів забруднення, де всі негативні тенденції проявляються більш очевидно і в більш короткі терміни, показав, що антропогенні зміни різних показників в умовах забруднення тісно сполучені і відповідають віковим змінам деревостою. В ході аналізу виявилась залежність: чим сильніший вплив, тим швидше відбувається процес старіння дерев. Такі результати були

НУВБІП УКРАЇНИ

підтверджені рядом дослідів росту деревних рослин під впливом забруднень. Такі результати можна звести до висновку, що пришвидшення процесів старіння можна вважати реакцією біоти на негативні зовнішні впливи [15, 16].

НУВБІП УКРАЇНИ

В якості крайньої форми прояву стресового впливу навколишнього середовища може виступати присутність на рослині хлорозів і некрозів. Але такі прояви не завжди свідчать про негативний антропогенний вплив. Хлороз

НУВБІП УКРАЇНИ

листя, наприклад, може бути викликаний недостаткою заліза в ґрунті чи ранніми заморозками. Тому при визначенні морфологічних змін у рослин необхідно враховувати можливість дії інших факторів.

НУВБІП УКРАЇНИ

1.10 Морфогенез листя липи
Використання листя рослин, як об'єктів дослідження – лише один з прикладів біомоніторингу із застосуванням деревних порід. Древа в даній області науки мають ряд переваг, даючи можливість проводити біоіндикацію

на величезних територіях. В той же час проби, отримані з малих територій також досить інформативні. Недоліком даного методу є сезонність виростання листя.

При виявленні причин асиметрії листа і початкового моменту розвитку асиметрії, доцільно знати етапи розвитку самого листка, який закладається в основі апексу пагону у вигляді бічної бруньки, який далі перетворюється в листовий прокамбій або листовий зачаток.

Подальший розвиток прокамбію у різних типів листя проходить неоднаково. Це пояснюється різною локалізацією зон меристем і різним направленням клітинного поділу прокамбію. Так, у частини листків в основі примордію закладаються придистки. У простих цілнокрайних листків примордій витягується і перетворюється у вісь листка – в подальшому в середню жилку, по бокам якої в результаті маргінального росту формується пластинка листка. У зубчастих листів бокові елементи розвиваються із виступів, що виникають в певній послідовності на осі листка. Під час росту примордію в ньому диференціюється провідна система. Черешок розвивається пізніше інших частин листка.

Надалі листок починає активно збільшуватися у своїх розмірах. Листя дводольних рослин, до яких відноситься липа, не відбувається за рахунок майже рівномірного поверхневого росту. Він досягається за рахунок ділення більшості клітин листка и розтягування їх у ширину та довжину.

Досягнувши кінцевих розмірів, зелені асиміляційні листки живуть різний час, що залежить від генетичних та кліматичних факторів.

У одного й того ж виду рослин нерідко зустрічаються листки однакової форми, які суттєво відрізняються за розміром, і навпаки, листя одного розміру відрізняється по геометричній формі контуру. Така різниця може бути пов'язана, як з факторами онтогенезу, який формує у листя таку різницю, так і з умовами середовища.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

2.1 Фізико-географічний опис Полтавського регіону

Північна Полтавська область (Рис. 2.1.) [60] займає північну частину

Полтавської рівнини, яка охоплює плато і високі пліоценові тераси річки

Дніпро. Її північні і західні межі співпадають з зовнішнім краєм тераси Дніпра, південно-східні проходять приблизно по вододілу річок Псел та Ворскла, який розділяє лучно-степові рівнини і широколистяні лісні ландшафти. Зі сходу

область обмежена відрогами Середньоросійської височини. Корінну основу сучасних ландшафтів складають палеогенові і неогенові відклади. На ділянках

плато на полтавських пісках залягають строкаті і червоно-бурі глини, на пліоценових терасах палеогенові породи перекриті неогеновими алювіальними пісками і строкатими глинами. В долинах річок на палеогені

(харківських пісках, київських мергелях) залягають алювіальні відклади.

Поверхневі рівнинні утворення, пліоценових та високих антропогенних терас представлені лесовими породами, під якими залягає дніпровська морена, над- і підморенові водно-льодовикові піщано-суглинкові утворення.



Рис. 2.1. Карта Полтавської області

Поверхня має загальний нахил з північного-сходу на північний-захід. На півночі області виділяються ділянки плато з висотами до 200 м і пліоценових терас з висотами 150-180 м, розчленовані достатньо глибокими річковими

долинами, балками і ярами. В південній частині переважають пліоценові тераси з висотами 100-130 м, через них проклали свої асиметричні долини ріки Сула, Хорол, Псел, які мають добре виражені заплави, борові тераси, широкі полого-хвилясті лесові тераси з ярами і зсувами, які деформують тераси.

В ландшафтній структурі Північного Полтавського лісостепу переважають лучно-степові ландшафти, які представлені розчленованими височинними рівнинами з типовими малогумусними чорноземами. На високих правобережжях і межиріччях розвинуті широколистяні-лісні ландшафти – сильно розчленовані горбисті височинні рівнини і схили з сірими і темно-сірими лісними ґрунтами. Окрім того, в ландшафтній структурі значне місце займають долинні ландшафти, в яких поєднуються місцевості різних терасових рівнів.

Заплавні місцевості гарно виражені в долинах всіх річок. В долині р. Сейм ширина заплави становить 2-5 м, р. Псел – 3-5 км. В них розповсюджені злаково-різнотравні, злаково-бобові, злаково-осокові луги, заболочені луги, болота, озера, стариці, розвинуті також лугові солончаківі ґрунти з голофільною рослинністю. Місцевості використовуються як сінокоси і пасовища, а також для вирощування овочевий культур.

Борові місцевості розповсюджені в долинах річок Сула, Псел, Хорол та інших. Над заплавами вони піднімаються на висоту 10-12 м, їх абсолютні відмітки становлять 120-128 м. Для них характерні еоловий грядово-горбистий рельєф, дерново-підзолисті піщані і супіщані ґрунти, соснові бори, у вигляді островів розповсюджені хвойно-широколистяні ліси на супіщаних ґрунтах.

Піщані масиви закріплені шелеговими і сосновими насадженнями. До борових прилягають місцевості лесових терас з потужними лужними чорноземами. На межиріччях Сули, Псла Ворскли та інших великі площі займають пліоценові терасні рівнини. Тут переважають потужні малогумусні

НУВБІП УКРАЇНИ

чорноземи, суцільно освоєні. Ці місцевості мають загальний нахил на південь, а розчленованість прохідними долинами надає їм увалистий вигляд з м'якими обрисами.

Найбільш високе положення займають водороздільні місцевості -

НУВБІП УКРАЇНИ

пологохвилясті плакоти, на яких переважають межиріччя з потужними малогумусними чорноземи. З поверхні вони складені потужною товщею пясочивих порід, їх нахил порівняно невеликий (0-3). Це найкращі сільськогосподарські угіддя. Тут виділяються плоскі (нахил 0-2)

НУВБІП УКРАЇНИ

водороздільні рівнини з потужними чорноземи. До них примикають схильні місцевості з слабозмитими чорноземи, плакоти з улоговинами і горбисто-западинними ярами.

Приблизно на таких самих висотних рівнях сформувались місцевості

НУВБІП УКРАЇНИ

межирічних і прирічкових сильно розчленованих лесових рівнин з сірими лісними ґрунтами, дібровами, з ярами і балками. Такі правобережжя рік Сула і Удай, де глибина ерозійного розчленування досягає 70-80 м, р. Псел - 60-80 м. Абсолютні відмітки поверхні межиріччя знижуються від 190 м на півночі і до 150 м на півдні області. В розрізі знизу вгору залягають полтавські піски,

НУВБІП УКРАЇНИ

строкаті і червоно-бурі глини, водно-льодовикові і моренні відклади, лесові породи. Для цих місцевостей характерні також темно-сірі лісні ґрунти з дібровами. На крутих схилах розвинені зсувні, останці, пагорби, ували.

З сучасними долинними ландшафтами поєднуються місцевості давніх

НУВБІП УКРАЇНИ

прохідних долин з луговими і лугово-чорноземними ґрунтами. Прохідні долини гарно збереглися на межиріччі Удай - Сула, де ширина їх становить від декількох сотень метрів до 3-4 км, а довжина - 3-10 км. Їх днища плоскі, часто заболочені. Вододіл річок Сула - Хорол пересікаються перехідними долинами

з пологими схилами з глибиною до 10-20 м. На вододілі річок Псел - Хорол

НУВБІП УКРАЇНИ

вони врізані на глибину 20-70 м, широкі з плоскими днищами і симетричними схилами. На межиріччі Сула - Хорол прохідні долини поглиблюються до 30-35 м, але ширина їх досягає лише 1,0 км. Днища долин використовуються як сільськогосподарські угіддя.

По краям вододільних місцевостей і високих терас, уздовж високих берегів річок сформувались яружно-балкові місцевості з крутими і зсувними нахилами, еродованими ґрунтами. Між ярами і балками на правобережжі річок

Псел і Хорол розвинуті своєрідні урочища шишкуватих пагорбів з дібровами, ділянками лужно-степової трав'янистої рослинності. Тут же спостерігаються задерновані і молоді зсувні цирки, активні зсувні процеси і утворення ярів.

Полтавська область належить до помірного кліматичного поясу, тип клімату помірно-континентальний. Рівнинний ландшафт області впливає на поширення територією області повітряних мас трьох типів, а також шести підтипів. Серед зональних переважають маси помірних широт.

Річна амплітуда середньомісячних температур повітря складає $+27,3^{\circ}\text{C}$, абсолютна ж амплітуда температури повітря складає -78°C . Для січня середньорічна температура зазвичай становить $-3,7^{\circ}\text{C}$, а для липня $+21,4^{\circ}\text{C}$.

Атмосферні опади випадають при проходженні північно-західних циклонів по території. Загальна кількість опадів складає $480-580$ мм на рік, переважна частина опадів випадає у вигляді дощів у літню пору, найбільш дощовими є червень та липень. Найменше опадів випадає у вересні.

Весною на території області спостерігається підвищення, а також зниження температури. Для першої половини весни характерна циклонічна діяльність, температура зростає досить повільно. Друга половина весни характеризується активним зростанням температури, внаслідок посилення впливу Азорського антициклону.

Влітку радіаційний чинник займає головну роль. Початок літа супроводжується частими прозами та зливами, друга частина літа є неекотною та сухою.

З початком осені вплив Азорського антициклону послаблюється, пониження температури проходить поступово. Для зими характерна нестійка погода, викликана активними змінами характеру атмосферних процесів. Перша частина зими характеризується вітряною, похмурою погодою з частими опадами.

2.2 Морфологічне описання липи звичайної (*Tilia cordata* Mill.)

Липа звичайна – це листопадне дерево з родини Мальвових, до 28 метрів у висоту. Крона липи має компакту овальну форму, а стовбур – циліндричну.

Верхні побіги крони ростуть вгору, а в середній частині крони майже горизонтально, нижні ж можуть трохи звисати донизу. У молодих дерев кора гладка, сіра, а у старших – коричнево-сіра, з продовгуватими борознами.

Округло-серцевидне листя липи має темно-зелений колір, з нижньої сторони злегка сизого відтінку. Листки зазвичай 5-10 см завдовжки, а листова пластинка удвічі довша за черешок або ж дорівнює йому. Має округлу, трохи видовжену форму, серцеподібна при основі та відтягнуто-загострена на верхівці, має зубчато-пилчастий край.

Квітки зібрані в пазушні щиткоподібні напівзонтики. Мають 5 чашолистків, блідо-жовтого відтінку, майже білого, сягають 4-5 мм в довжину, форму мають яйцеподібно-ланцетну. Пелюсток також 5, блідо-жовтого кольору та вузько-оберненояйцеподібною форми. Маточка одна, із верхньою зав'язю та єдиним стовпчиком і п'ятилопатевою приймочкою. Тичинок багато, при основі вони зростаються у п'ять пучків.

Плід – це яйцеподібний-кулястий горішок, завдовжки 5-7 мм, невиразно гранчастий, з крихким оплоднем.

Тривалість вегетації – 127 днів, з 25 травня по 30 вересня. Квітне в липні.

Цвітіння продовжується 10-12 днів. Плодоношення припадає на кінець вересня.

2.3 Методологія

Зростаючий вплив на природне середовище диктує необхідність контролю його стану. З усіх методів оцінки якості середовища пріоритетним є біоіндикація, як серія біологічних оцінок в природі.

Для дерев найкращим вегетативним органом вважається лист рослини. При антропогенному навантаженні в листі проходять морфологічні зміни. Гарним індикатором в місті є листя липи, дерево з високою поглинаючою здатністю.

При формуванні листової пластини, по мірі накопичення токсичних речовин, відбувається гальмування ростових процесів, і деформація листа. При остаточному формуванні листових пластин на деревах, які відчували

високе техногенне навантаження, їх площа менша, чим на деревах, які росли в кращих екологічних умовах. Для того щоб оцінити стан об'єкту біоіндикації, був вибраний метод флуктуючої асиметрії.

Флуктуюча асиметрія представляє собою випадкові незначні відхилення від симетричного стану білатеральних морфологічних структур, обумовлених стохастичністю молекулярних процесів, що лежать в основі експресії генів. Величина флуктуючої асиметрії зростає при дії будь-яких стресових факторів, які приводять до посилення онтогенетичного шуму, порушенню стабільності морфогенезу листа, і, як наслідок, збільшенню асиметрії [18, 20, 23, 24].

Флуктуюча асиметрія дає змогу оцінити нестабільність розвитку організму. Флуктуючою асиметрією називають різницю між правою та лівою сторонами різних морфологічних структур, які в нормі мають білатеральну симетрію. Більшість авторів пропонує вважати визначення флуктуючої асиметрії одним із морфологічних методів оцінки стану і динаміки біосистем, а сам показник – індексом стабільності організму.

Основна вимога до ознак, по яким ведеться визначення флуктуючої асиметрії – відносно рівна їх величина, відсутність впливу на них ряду факторів, серед яких велике значення має визначення із спільної асиметрії двох її форм: направленої асиметрії та антисиметрії [18, 19, 20, 24].

Для оцінки ступеня визначення відхилень від норми, їх місця в спільному діапазоні можливих змін показника була розроблена бальна шкала (табл. 2.1.).

Діапазон значень інтегрального показника асиметрії, відповідний умовно нормальному фоновому стану, приймається як перший бал (умовна норма). Він відповідає даним отриманим в природних популяціях при відсутності видимих негативних впливів.

В цьому зв'язку важливо мати на увазі, що на практиці при оцінці якості середовища в регіоні з підвищеним антропогенним навантаженням рівень порушень в вибірці рослин навіть з точки умовного контролю не завжди

знаходиться в діапазоні значень, які відповідають першому балу. Діапазон значень, що відповідає критичному стану, приймається за п'ятий бал. Він відповідає тим популяціям, які піддаються негативному впливу чи мають такі зміни стану організму, які приводять до його загибелі.

Весь діапазон між цими пороговими рівнями ранжирується в порядку зростання значень показника. Така бальна система оцінок по величині інтегральних показників стабільності розвитку для липи приводиться нижче [18, 23].

Табл. 2.1 Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми по величині інтегрального показника стабільності розвитку.

Бал	Величина показника стабільності розвитку
I	<0,040
II	0,040 – 0,044
III	0,045 – 0,049
IV	0,050 – 0,054
V	>0,054

Для мірних ознак величина асиметрії у рослин розраховується як різниця у вимірах зліва і з права, віднесена до суми вимірів по двох сторонах.

Інтегральним показником стабільності розвитку для комплексу мірних ознак є середня величина відносно різниці між сторонами на ознаку.

Цей показник розраховується як середнє арифметичне суми відносної величини асиметрії по всім ознакам у кожної особини, віднесеної до числа

ознак, що використовуються. Така схема обробки використовується для рослин [18, 23, 24].

1. Спочатку для кожного виміряного листа вираховуються відносні величини асиметрії для кожної ознаки. Для цього модуль різниці між вимірами

зліва (L) і з права (R) ділять на суму цих же вимірів:

$$|L-R|/L+R$$

Отримані дані заносяться в таблицю для подальших розрахунків.

2. Потім визначають показник асиметрії для кожного листка. Для цього сумують значення відносних величин асиметрії по кожній ознаці і ділять на число ознак. Результати також заносяться до таблиці.

3. В останню чергу визначається інтегральний показник стабільності розвитку – величина середньої відносної різниці між сторонами на ознаку. Для цього визначають середню арифметичну всіх величин асиметрії для кожного листа (пункт 2). Це значення заокруглюється до третього знаку після коми.

Статистична значимість різниці між вибірками по величині інтегрального показника стабільності розвитку визначається по t-критерію Стьюдента.

Перед проведенням розрахунків необхідно зробити виміри відібраного матеріалу. Лист листки поміщають перед собою внутрішньою стороною вгору.

С кожного листка знімаються показники по п'яти вимірам з лівої та правої сторони листка.

НУБІ

ІІНИ

НУБІ

ІІНИ

НУБІ

ІІНИ

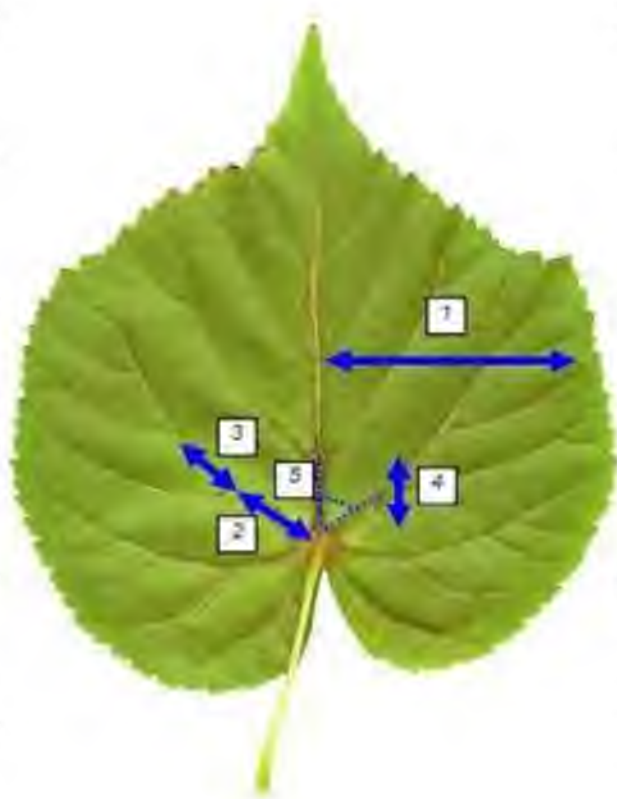


Рис. 2.2. Схема морфологічних ознак, що використовуються для оцінки стабільності розвитку листя.

1 – ширина лівої та правої половинки листа. Для вимірювання лист складають навпіл, з'єднуючи верхівку з основою листової пластинки. Потім лист розгинають і по склалці, яка утворилася, вимірюється відстань від межі центральної жилки до краю листка.

2 – жилки другого порядку, другої від основи листка.

3 – відстань між основами першої і другої жилок другого порядку.

4 – відстань між кінцями цих же жилок.

5 – кут між головною і другою від основи листка жилкою другого порядку.

Для дослідження потрібні циркуль, лінійка і транспортир. Виміри 1 – 4 знімаються циркулем, кут між жилками (5 ознака) вимірюється транспортиром. Для цього центр основи віконця транспортиру з'єднують з точкою відгалуження другої жилки другого порядку від центральної жилки.

Ця точка відповідає верхівці кута. Крімку основи транспортиру необхідно з'єднати з променем, що йде з вершини кута і проходить через точку відгалуження третьої жилки другого порядку.

Другий промінь, що утворює кут, який вимірюється, отримують використовуючи лінійку. Цей промінь йде з верхівки кута і проходить перпендикулярно до внутрішньої сторони другої жилки другого порядку. Всі результати заносяться до таблиці [18, 20, 22,23, 24].

2.4 Опис зору матеріалу
Матеріалом для вивчення стали дві вибірки листя липи звичайної, яка широко розповсюджена в міському озелененні і є чутливою до дії антропогенного забруднення. Обидві вибірки були взяті у місті Гадяч, Гадяцького району, Полтавської області. Липа була відібрана на двох контрастних по ступеню забруднення ділянках контроль та дослід.

Контрольна ділянка була представлена відносно чистою територією, розташованою на околиці міста, в урочищі «Зелений Гай», де відсутні промислові об'єкти та низька інтенсивність руху автотранспорту.



Рис. 2.3 Контроль: Урочище «Зелений гай»

В якості дослідів було вибрано ділянку на території промислової зони, з підвищеною автотранспортною активністю, основними забруднювачами є автотранспорт, ТОВ «Гадяцький цегловий завод», ТОВ «Нафтогазсервіс».



Рис. 2.4 Дослід: Промислова зона

Об'єм вибірки при кожному зборі матеріалу становив 50 одиниць, по 10 листків з одного дерева, всього було проаналізовано 100 листків. Відбір матеріалу проводився з початку до середини серпня 2021 року, на кожній ділянці було відібрано максимально розвинуті та неушкоджені листки.

Отримані результати вимірів і проміжних розрахунків оброблялися методами варіаційної та кореляційно-регресивної статистик.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Оцінка якості середовища за рівнем флуктуоної асиметрії

В якості діагностичного органу у липи звичайної був використаний лист-асиміляційний апарат, який в першу чергу реагує на зміни якості навколишнього середовища. При антропогенному навантаженні в тканинах листка раніше за все просліджуються морфологічні зміни, які в першу чергу проявляються в зміні ширини листової пластини або появи асиметрії.

Таблиця 3.1 Коefіцієнт варіації ознак листа липи звичайної в точці контролю (Урочище «Зелений Гай»)

Метричні ознаки	1		2		3		4		5	
	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
Мак. – мін.	40-23	38-26	48-35	48-35	13-12	11-9	16-13	13-11	56-49	54-46
Середнє значення	30,1 ±0,48	30,68 ±0,47	38,44 ±0,51	40,20 ±0,48	12,3 ±0,23	10,86 ±0,20	15,42 ±0,24	13,7 ±0,21	52,46 ±0,47	50,22 ±0,54
Середнє квадратичне відхилення	3,42	3,34	3,59	3,40	1,63	1,43	1,67	1,50	3,31	3,79
Коefіцієнт варіації	11	11	9	8	13	13	11	11	5	6
Рівень мінливості в балах	II	II	II	II	II	II	II	II	I	I

Таблиця 3.2. Коefіцієнт варіації ознак листа звичайної в точці досліду (Промислова зона)

Метричні ознаки	1		2		3		4		5	
	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
Мак. – мін.	51-23	47-28	66-34	63-37	15-10	13-12	17-9	18-10	49-45	47-43
Середнє значення	34,12 ±0,89	34,24 ±0,90	46,04 ±1,20	46,08 ±1,14	12,64 ±0,38	12,88 ±0,33	15,28 ±0,60	15,80 ±0,53	53,26 ±0,096	49,46 ±0,93
Середнє квадратичне відхилення	6,28	6,34	8,46	8,03	2,66	2,31	4,23	3,77	6,80	6,58
Коefіцієнт варіації, %	18	19	18	17	21	18	28	23	12	13
Рівень мінливості в балах	III	III	III	III	III	III	IV	III	II	II

Використання коефіцієнта варіації дозволяє судити про можливість використання методики флюктууючої асиметрії для визначення якості навколишнього середовища, а також про вплив антропогенних факторів на

листя липи звичайної. Якщо варіабельність морфометричної ознаки деревної

породи відповідає високому рівню мінливості (більше 25%), вона визначає його непридатність в якості біоіндикаційного виду та знижує його практичну цінність.

Значення коефіцієнтів варіації (таблиця 3.1 - 3.2) показує, що всі ознаки характеризуються дуже низьким (нижче 7%), низьким (від 7% до 15%) та середнім (від 16 до 25%) значеннями коефіцієнтів варіації, що свідчить про низький рівень їх мінливості, а значить, про придатність використання даних ознак для цілей біоіндикації.

Вивчаючи мінливість ознак по окремоті, можна ввести такий показник, як сукупний рівень мінливості, який буде складатися з мінливості кожної ознаки. Він може бути врахований для кожної із сторін листка (таблиця 3.1 - 3.2). Сукупний рівень мінливості лівої та правої половини листка за п'ятьма параметрами в точці контролю однаковий (рівний 9 зліва і з права), що свідчить про не направленість мінливості. Тоді як в точці дослідження (15 зліва і 14 з права), це відхилення може бути наслідком прояву направленої асиметрії. Направлена асиметрія в усіх же випадках не перевищувала 5 %, тому при подальших розрахунках, відповідно до методичних вказівок, не враховувалась.

При порівнянні рівня мінливості листа виявилось, що коефіцієнт варіації першої, другої та третьої ознак відповідає середньому показнику мінливості у точці досліду та низькому у точці контролю.

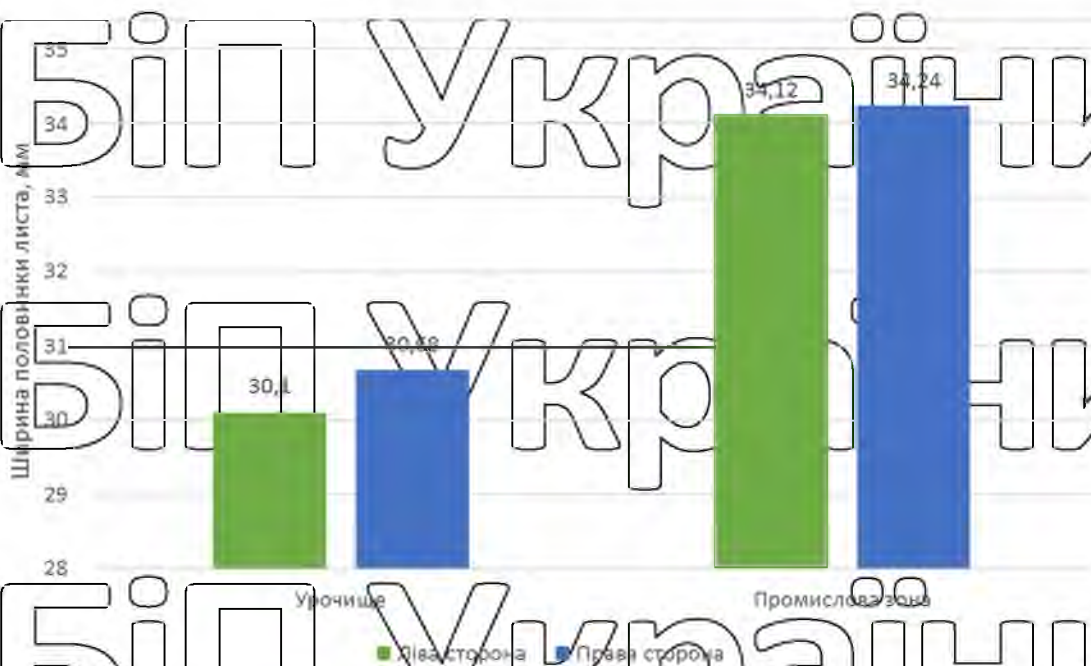


Рис. 3.1 Гістограма середніх значень ширини половинки листа по досліджуваним ділянкам

Аналіз розмірів ширини половинок листа показав, що рівень мінливості ознаки в промисловій зоні вищий ніж в зоні умовного контролю незалежно від ступеня віддаленості від джерела забруднення.

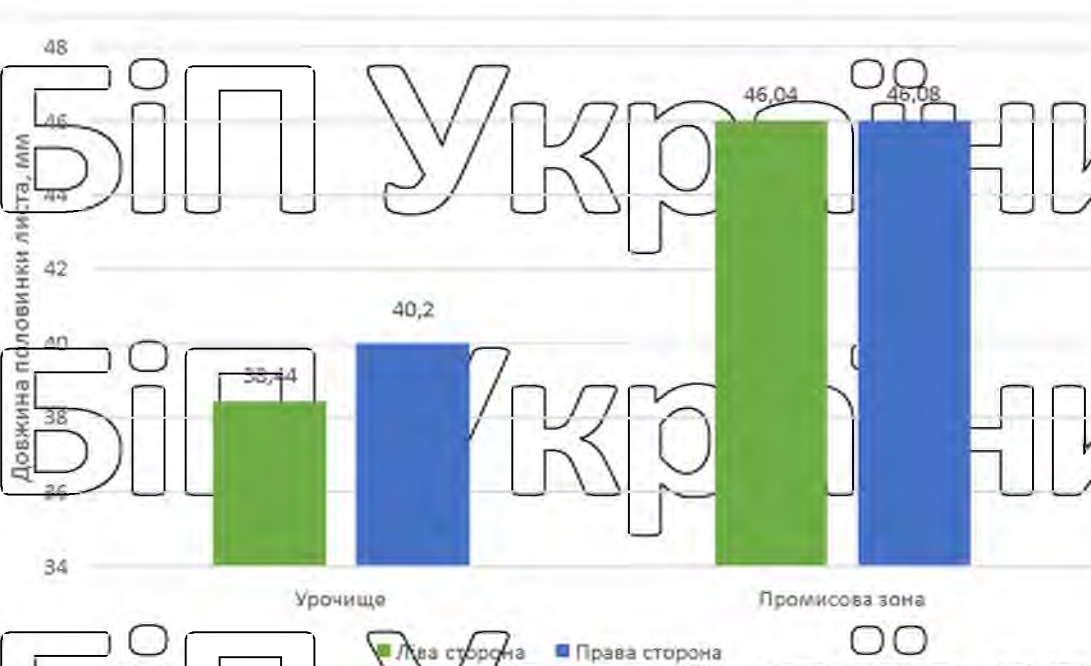


Рис. 3.2 Гістограма середніх значень довжини половинок листа по досліджуваним ділянкам

Умови, характерні для захисних насаджень у Промисловій зоні на наш погляд вплинули на ріст та розвиток листя, внаслідок чого показники довжини другої жилки другого порядку (Рис 3.2.) менші, чим у точці Урочища.

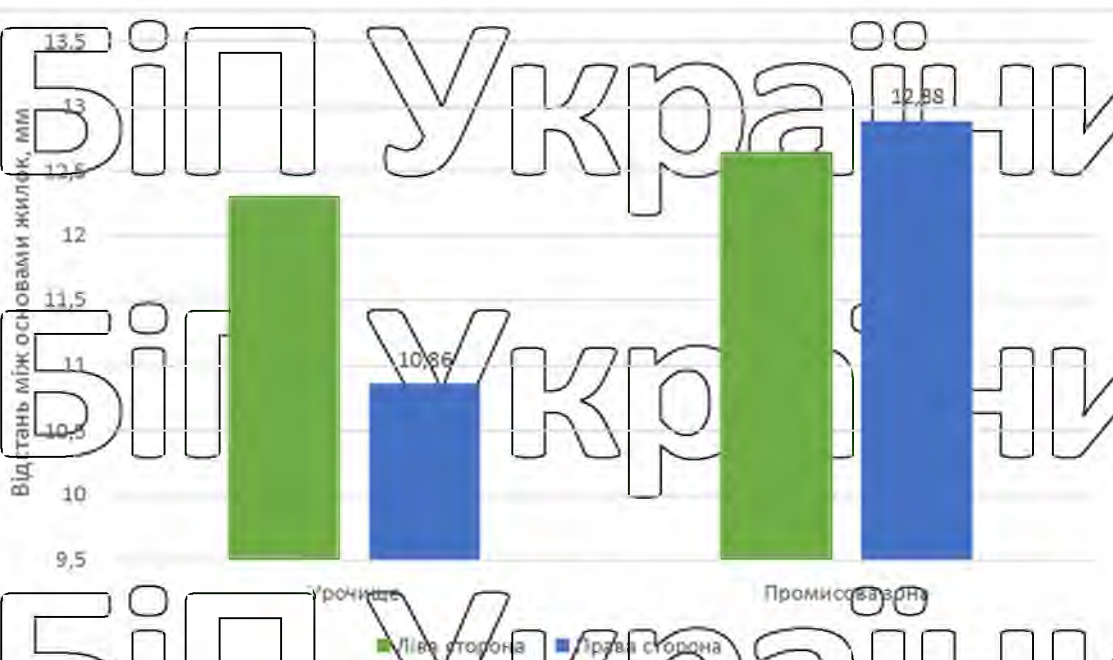


Рис. 3.3 Гістограма середніх значень відстані між основами жилок

Третя ознака (Рис. 3.3.) характеризується відстанню між основами

першої та другої жилок другого порядку, даний параметр залежить від показника довжини другої жилки другого порядку, відповідно, найбільше значення третього показника також спостерігається у точці Промислової зони.

Але високе значення цього показника спостерігається і у точці Урочища.

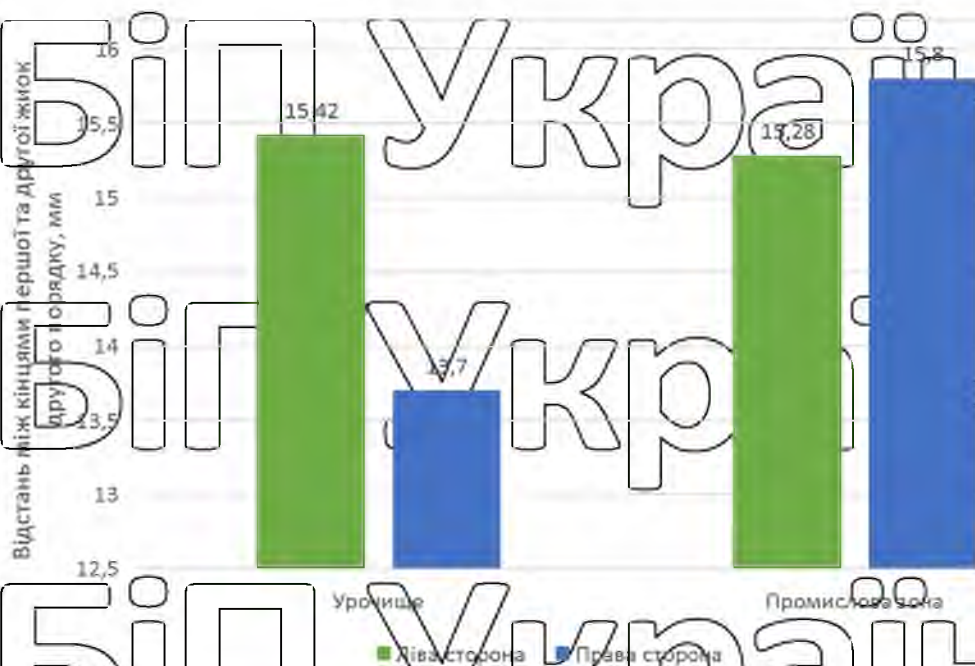


Рис. 3.4. Гістограма середніх значень відстані між кінцями першої та другої жилок другого порядку по досліджуваним ділянкам

Відстань між кінцями першої та другої жилок другого порядку характеризує 4 ознака (Рис. 3.4.). Велике значення цього показника спостерігається на обох ділянках.

Коефіцієнт варіації 4-ої ознаки (відстань між основами першої і другої жилки другого порядку) підвищений у точці досліду, та низький у точці контролю. Цей параметр пов'язаний з гістогенезом тканин листка, а саме з роботою прокамбію. Твірні тканини часто піддаються негативному впливу середовища, що призводить до асинхронної диференціації прокамбію в провідні тканини, а це в свою чергу стає причиною різниці у виокремленні першої та другої жилок лівої та правої сторони листка. Таким чином, четвертий параметр, не залежно від рівня його мінливості, бажано враховувати в біоіндикаційних дослідженнях.

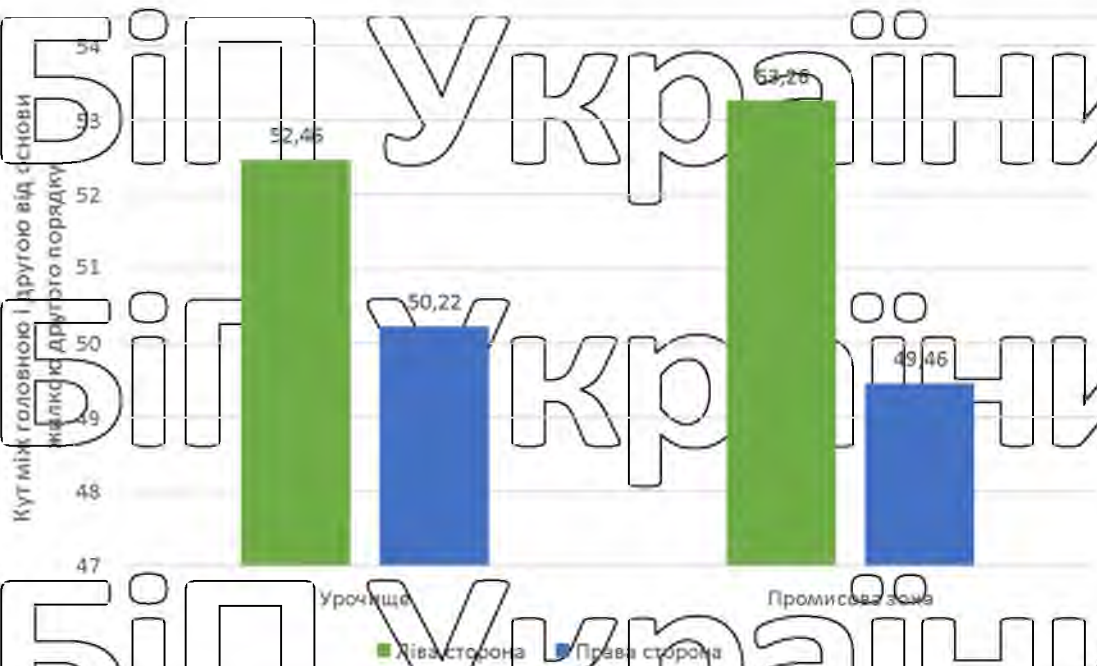


Рис. 3.5. Гістограма середніх значень кута між головною і другою від основи жилки другого порядку на досліджуваних ділянках.

За п'ятому параметру листа (Рис. 3.5.) був відмічений дуже низький показник мінливості у точці контролю та низький у точці досліду.

Дані наведені в таблиці 3.3 свідчать, що інтегральний показник асиметрії листків липи звичайної на території з найменшим антропогенним навантаженням є найнижчим – 0,038, що відповідає умовній нормі. Високий рівень антропогенного навантаження, характерний для другої ділянки закономірно зумовив збільшення цього показника до 0,057, що свідчить про максимальний рівень впливу та сильне пригнічення.

Таблиця 3.3. Інтегральний показник стабільності розвитку

Ділянка	Показник флюктууючої асиметрії	Бал	Екологічна оцінка території
1. Контроль	0,038	I	Умовна норма
2. Дослід	0,057	V	Критична

Результати дослідів показують, що знання різниці між показниками лівої та правої половини листка спостерігається в точці Промислової зони.

На наш погляд причиною цього може виступати, як забруднення повітря при закладанні бруньок у липи, так і кліматичні умови, при яких є характерною слабка аерація повітря в цей період, за рахунок чого відбувається накопичення та осідання забруднюючих речовин.

В нормальних умовах організми реагують на зміни середовища завдяки гомеостатичному механізму. Зниження ефективності гомеостазу призводить до змін морфологічних ознак рослин. Флуктуюча асиметрія дозволяє оцінити нестабільність розвитку організму, адже є наслідком недосконалості онтогенетичних процесів.

Найбільш статистично значиму відмінність по флуктуючій асиметрії показала 3 та 4 ознака. Максимальне значення по цим ознакам отримане в процесі вивчення листової пластини липи звичайної, яка є частиною захисних насаджень промислової зони. Для порівняння на території Урочища величин третьої ознаки становить 0,063, а для 4-ої ознаки в цій же точці 0,061, на території Промислової зони 3-тя ознака становить 0,076, а 4-та 0,083.

Варто відмітити, що у більшості листків асиметрія лівостороння, тобто площа лівої половинки більша, ніж правої. Дане явище особливо чітко простежується в умовах антропогенного навантаження. Однак, для остаточних висновків про те, наскільки значимо це явище себе проявляє говорити ще рано через відносно малий об'єм досліджуваного матеріалу та його різновид.

В ході проведених досліджень було виявлено, що зі зростанням антропогенного навантаження на навколишнє середовище збільшується і степінь асиметрії листових пластинок липи. При тому, розвиток асиметрії не пов'язаний з загальним розміром листа, що свідчить велика асиметрія листа з обох досліджуваних ділянок, маючих практично однакову площу.

Висновки

Властивість рослинних організмів адаптуватися до змін умов середовища обумовлена їх здатністю до змін морфологічних структур і,

зокрема, параметрів листових пластинок. При цьому адаптивна властивість

рослин визначає рівень їх стійкості, котрий характеризує можливість організмів здійснювати свої основні життєві функції в незадовільних умовах навколишнього середовища.

Отримані в результаті проведеного дослідження дані свідчать:

1. Діапазон варіації морфометричних параметрів асиметрії листків в Промисловій зоні значно зростає порівняно з умовам в точці умовного контролю і по цим ознакам характеризує досліджувані деревні рослини, як чутливі до техногенного забруднення навколишнього середовища.

2. На основі величини коефіцієнту флуктуючої асиметрії листових пластинок лини можлива оцінка якості середовища. При цьому територію Урочища «Зелений Гай» можна охарактеризувати як задовільну. Що стосується промислової зони, то, як показують результати дослідження, ця територія характеризується, як забруднена.

3. Коефіцієнт варіацій по 4-ій ознаці виявився найбільшим саме в точці промислової зони. Вважаємо, що ця обставина не випадкова, величина цього показника є непрямым підтвердженням ролі цієї ознаки в біоіндикаційній характеристиці забруднення атмосферного повітря поблизу промислової зони. А, також, ця величина характеризує ознаку, як найбільш чутливу до змін в навколишньому середовищі.

4. Аналіз взаємодії всіх факторів показав високу мінливість флуктуючої асиметрії, як прояву фенотипічної мінливості. Поблизу промислової зони спостерігалось стійке підвищення її значення. Викиди підприємства могли викликати відповідну реакцію в досліджуваній вибірці листків звичайної у вигляді зниження стабільності розвитку, що призвело до збільшення рівня флуктуючої симетрії. Структурно ця ознака пов'язана з головною жилкою, яка об'єднує провідну систему листа з тканинами листової пластини.

Хронологічно вона розвивається раніше за інші і заслуговує особливої уваги для цілей біоіндикації з показником флюктуючої асиметрії.

5. Порушення стабільності розвитку проявляється при впливі різних негативних факторів антропогенного походження і спостерігається на територіях, що підлягли впливу забруднень, пов'язаних з роботою транспорту і промислових підприємств. Це свідчить про універсальність методу, що робить можливим його використання для оцінки впливу широкого спектру факторів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аветисов В. А., Гольданский В. И. Физические аспекты нарушения зеркальной симметрии биоорганического мира // УФН. - 1996. Т. 166. - №8.

2. Андреева М. В. Оценка состояния окружающей среды в насаждениях в зонах промышленных выбросов с помощью растений-индикаторов: дис. к. с.-х. н.: 06.03.03 / С.Г. Баранов, - СПб, 2007/167 с.

3. Ашихмина, Т.Я. Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды/Т.Я.Ашихмина и др. – Киров, 2005.– 112 с.

4. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1989. – 286 с.

5. Биоиндикация и биомониторинг. М. Наука. 1991.

6. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / [Вайнерт Э., Вальгер Р., Ветцель Т. и др.]; Под ред. Р. Шуберта, Пер. с нем. Г.И. Лойдиной, В.А. Турчаниновой, Под ред. Д.А. Кривошукского. - Москва : Мир, 1988. - 348 с.

7. Бретшнайдер Б., Курфюрст И. Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль; Пер. с англ./Под ред. А.Ф.Туболкина. – Л.: Химия, 1989. – 288 с.

8. Богач Я., Седлачек Ф., Швецова Э., Кривошукский Д.А. Животные - биоиндикаторы промышленных загрязнений // Журнал общей биологии. 1988. Т. 49, № 5. С. 630-635.

9. Boycott A. E., Diver C., Garstang S. L., Turner E. M. The inheritance of sinistrality in *Limnaea peregra* (Mollusca, Pulmonata) // Philos. Trans. Roy. Soc. B. 1930. Vol.219. P. 51 - 131.

10. Булохов, А.Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации: учебное пособие / А.Д. Булохов; Брян. гос. пед. ун-т им. И.Г. Петровского. - Брянск: Изд-во Брян. гос. пед. ун-та, 1996. – 104 с.

11. Булохов, А. Д. Основы фитоценологии : учеб. пособие / А. Д. Булохов; Брян. гос. пед. ин-т им. И.Г. Петровского. - Брянск: Изд-во БГПИ, 1991. - 123 с.

12. Van Valen, L. A study of fluctuating asymmetry / L. Van Valen // Evolution. 1962. - Vol. 16. - P. 125 - 142.

13. Вейль Г. Симметрия. - М.: Наука, 1968. - 191 с.

14. Гелашвили Д. Б., Нижегородцев А. А., Епланова Г. В., Табачишин В. Г. Флуктуирующая асимметрия билатеральных признаков разноцветной ящурки *Eremias arguta* как популяционная характеристика // Изв. Самар. НЦ РАН. 2007. Т. 9, №4.

15. Гиляров М.С. О функциональном значении симметрии организмов // Зоол. журн. 1944. Т. 23. № 5. С. 213 - 215.

16. Горышина Т.К. Фотосинтетический аппарат и условия среды. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. - 204 с.

17. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга. В пяти частях. Часть I Учебное пособие / Под ред. проф. Гелашвили Д.Б. - Н. Новгород: ННГУ, 1995. 192 с.

18. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. Здоровье среды: методика оценки. - М.: Изд. Центра экол. политики России, 2000. - 66 с.

19. Захаров В.М. 1987. Асимметрия животных. М. Наука. 161 с.

20. Захаров В.М., Кларк Д.М. (ред.), 1993. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М.: Московское отделение международного фонда "Биотест". 68 с.

21. Захаров В.М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость). Экология, 2001. № 3, 164 - 168.

22. Захаров В. М., Чистякова Е. К., Кряжева Н. Г. Гомеостаз развития как общая характеристика состояния организма: скоррелированность морфологических и физиологических показателей у березы повислой. Доклады Академии Наук. Общая биология. 1997. Т. 357. №26. с. 1 - 3.

23. Захаров В. М., Чубинишвили А. Т., Дмитриев С. Г., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Крысанов Е. Ю., Кряжева Н. Г., Пронин А. В., Чистякова Е. К. Здоровье среды: практика оценки. - М.: Центр экологической политики России, 2000. - 320 с

24. Захаров В. М., Шкиль Ф. Н., Кряжева Г. Н. Оценка стабильности развития березы в разных частях ареала // Вестник Нижегородского университета им. Н. Н. Лобачевского. Серия Биология. Вып 1(9) Материалы 8-го Всероссийского популяционного семинара «Популяции в пространстве и времени». 2005. С. 77 - 84.

25. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. - Л.: Гидрометеоздат, 1979. - 375 с.

26. Климов, С. В. Пути адаптации растений к низким температурам / С. В. Климов // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121. – С. 3–22.

27. Кузнецов М. Н. Сравнительная характеристика особенностей флуктуирующей асимметрии листьев яблони в разных экологических условиях. // Сельскохозяйственная биология, 2008, № 3, с. 72-77.

28. Левич А.П. Биотическая концепция контроля природной среды // Доклады РАН, 1994. Т. 337, № 2, С. 280 - 282.

29. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. - М.: Высшая школа, 2001. - 259 с.

30. Марченко А. О. Реализация морфогенетического потенциала растительных организмов: калибровочный подход // Журн. общ. биологии. 1999. - Т. 60, № 6. - С. 654-666.

31. Mather K. Genetical control of stability indevelopment // Heredity. 1953. V.7. P. 297 - 336.

32. Moller, A.P. Leaf-mining insects and fluctuating asymmetry in elm *Ulmus glabra* leaves / A.P. Moller // Journal of Animal Ecology. 1995. - 64(6) -P. 697-707.

33. Неверова О.А. Экологическая оценка состояния древесных растений и загрязнения окружающей среды промышленного города. Дисс-докт. биол.

наук. - Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2005. - 332 с.

34. Николаевский, В.С. Признаки-индикаторы состояния растений при экологических нарушениях / В.С. Николаевский // Биологическая индикация в антропоэкологии. JL: Наука, 1984. - С. 114 - 119.

35. Порин Б.Н. Растительный покров: ценотическая организация и объекты классификации // Ботан. журн. - 1983. - 68, №1. - С. 1449 - 1455.

36. Нормальная изменчивость флуктуирующей асимметрии животных и растений: автореф. дис. кандидата биологических наук: 03.00.16 / Зорина А. А. -Тольятти, 2009. - 19 с.

37. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений / М.Г. Опекунова. СПб.: СПбГУ, 2004. - 266 с.

38. Оценка антропогенной нагрузки на территории по показателям стабильности развития растений / Максеева Т. П., Никонова Г. П. // Проблемы и пути их решения: научно-практическая конференция. Москва. 30 - 31 окт., 2002. Материалы конференции. - М., 2002. С. 201 - 207.

39. Palmer A. R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry analyses revisited. // In Developmental Instability (DI): Causes and Consequences, / M. Polak, Ed. Oxford University Press, 2003. Oxford. 484 p.

40. Поляков Г. Д. Экологические закономерности популяционной изменчивости рыб. - М: Наука, 1975. 158 с.

41. Реймерс Н.Ф. Экологизация. Введение в экологическую проблематику / Н.Ф. Реймерс - М.: Изд-во РЭУ, 1992. - 121 с.

42. Рудан Г. И., Захаров В. М. Сравнение быстро и медленно растущих форм плотвы (*Rutilus rutilus*) по стабильности индивидуального развития // ДАН СССР. 1984. Т. 277. № 6. 1510 - 1512 с.

43. Савинцова Л.С., Егормина Г.Л. Оценка урбано среды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой // Вестник удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. - Вып. 3. - 2012. - 31 - 37 с.

44. Сазонова Г.А., Придача В.Б., Терехова Е.Н. Морфофизиологическая реакция деревьев сосны обыкновенной на промышленное загрязнение // Лесоведение. - 2005. - № 3. - С. 11-19.

45. Соколов, В.Е. Мониторинг биологической составляющей биосферы / Соколов В.Е., Смирнов Н.Н. // Комплексный глобальный мониторинг загрязнений окружающей природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 29-34 с.

46. Скопин А.Е. Характер изменчивости морфологической структуры листа древесных растений под действием антропогенного стресса // Тез. докл. II междунар. конф. по анатомии и морфологии растений. - СПб.: Бот. институт им. В.Л. Комарова РАН, 2002. - 313 с.

47. Стадницкий Р.С. Биоиндикационные исследования на растениях / Р.С. Стадницкий // Биологическая индикация в антропоэкологии. Л.: Наука, 1984. 82-86 с.

48. Гарасова О.Ю. Экологическая оценка рекреационного потенциала лесных территорий Республики Мордовия. дисс. канд.с.-х. наук. спец. 03.00.16. Саранск, 2004. - 179 с.

49. Tebb G. Thoday J. M. Genetic effects of diurnal temperature change in laboratory populations of *Drosophila melanogaster* // Proc. IX Intern. Congr. Genet. Carylol. 1954. V. 1. P. 789 - 791.

50. Томас М.Д. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на растения // Загрязнения атмосферного воздуха. Женева: ВОЗ, 1962, С. 251-306.

51. Треншоу, М. Диагностика влияния загрязнения воздуха и сходство симптомов // Загрязнение воздуха и жизнь растений / М. Треншоу Л.: Гидрометеоиздат, 1988. С. 126 - 144.

52. Урманцев Ю. А. Симметрия природы и природа симметрии - М.: Мысль, 1974. - 232 с.

53. Федорова А. И. Биоиндикация загрязнения городской среды // Известия Российской академии наук. Серия географии, 2002. № 1. - С. 72 -

80.

54. Федорова А. И. Древесные насаждения городских улиц, их устойчивость и биоиндикационная роль / А. И. Федорова // Лесные экосистемы зеленой зоны г. Воронежа : сб. науч. ст. – Воронеж, 1999. – С. 82

– 86.

55. Хузина Г. Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata* L.) // Вестник удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2011. Вып. 3. 47

– 52 с.

56. Чистякова Е.К. Анализ стабильности развития в природных популяциях растений на примере березы повислой (*Betula pendula* Roth.) / Е.К. Чистякова // Автореферат, дис. к-та биол. наук. 03.00.15 / Ин-т биол. развит. - М., 1997. – 54 с.

57. Чистякова Е. К., Кряжева Н. Г. Возможность использования показателей стабильности развития и фотосинтетической активности для исследования состояний природных популяций растений на примере березы повислой. Онтогенез, 2001. том 32, № 6, 422 - 427.

58. Шабала, С.Н. Динамика физиологических характеристик растений как элемент системы экологического мониторинга / С.Н. Шабала, О.А. Войнов // Успехи современной биологии. 1994. - Т. 114, - С. 144 - 159.

59. Шабалина О. М., Демьяненко Т. Н. Оценка влияния загрязнения среды и почвенных факторов на показатели флуктуирующей асимметрии листа березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в г. Красноярске // Вестник КрасГАУ. Экология. 2011. №12. С. 134-139.

60. Карта Полтавської області – Режим доступу : URL: <http://planetolog.ru/map-ukr-oblast-big.php?oblast=PLT&type=1>