

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут бізнесу, менеджменту та маркетингу

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

УДК 581.526.42:581.9:502.7(477.83):551.583

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Еколого-біологічні особливості дендрофлори Ботанічного саду загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України**

Виконав: студент VI курсу, групи ЕКЗ-61М
напряму підготовки (спеціальності)

101- екологія

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Кендзьора Н.З.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.б.н., доц. Оліферчук В.П.

Рецензент: завідувачка кафедри екології
Львівського національного
університету імені Івана Франка,
к.б.н., доц. Мамчур З.І.

Львів-2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної економіки і менеджменту

Кафедра екології

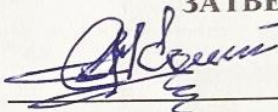
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 10 - природничі науки

(шифр і назва)

Спеціальність 101- Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ



Завідувач кафедри екології

д.с.-г.н., проф. Копій Л.І.

“ 05 ” 08 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кендзьорі Наталії Зенонівні

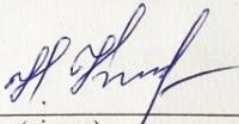
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи : **Еколого-біологічні особливості дендрофлори
Ботанічного саду загальнодержавного значення
Національного лісотехнічного університету України**

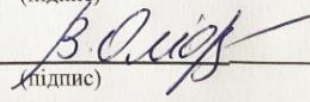
1. Керівники роботи: ст. викладач Оліферчук Вікторія Петрівна, затверджені наказом по університету від 12.11.2024 року, № С- 874 .
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи « » « » 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи 1. Довідкова та спеціальна література; 2. Матеріали польових досліджень.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: Вступ 1. Огляд літератури та теоретичні засади дослідження. 2. Об'єкти та методики дослідження. 3. Еколого-біологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів дендрофлори. 4. Вплив кліматичних змін на дендрофлору ботанічного саду. 5. Рекомендації та перспективи збереження біорізноманіття дендрофлори. Висновки. Список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу: схеми, рисунки, графіки, діаграми за темою та об'єктом дослідження, презентація у PowerPoint
6. Дата видачі завдання: « 05 » « 08 » 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	20.09.24- 26.09.24	«виконано»
2	Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	26.09.24- 07.10.24	«виконано»
3	Розділ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	09.10.24- 21.10.24	«виконано»
4	Розділ 3. ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АБОРИГЕННИХ ТА ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ ДЕНДРОФЛОРИ	21.10.24- 11.11.24	«виконано»
5	Розділ 4. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ДЕНДРОФЛОРУ БОТАНІЧНОГО САДУ	11.11.24- 25.11.24	«виконано»
6	Розділ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ДЕНДРОФЛОРИ	25.11.24- 02.12.24	«виконано»
7	ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНОВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	02.12.24- 16.12.24	«виконано»

Магістрант _____  _____ Кендзьора Н.З.

(підпис)

Керівник роботи _____  _____ Оліферчук В.П.

(підпис)

УДК 581.526.42:581.9:502.7(477.83):551.583

Кендзьора Наталія Зенонівна. Еколого-біологічні особливості дендрофлори Ботанічного саду загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України. Магістерська робота. / Н.З. Кендзьора. – Львів: НЛТУ України, кафедра екології, 2024. – 106 с.

Анотація

У роботі висвітлено еколого-біологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів дендрофлори Ботанічного саду загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України. Розглянуто питання адаптації інтродукованих видів до місцевих екологічних умов. Оцінено стійкість деревних рослин до кліматичних змін, таких як підвищення температури, нестабільність опадів та екстремальні погодні явища. Проаналізовано фенологічні зміни, динаміку росту та життєздатність різних видів у контексті сучасних кліматичних викликів.

На основі отриманих даних розроблено рекомендації щодо збереження та збільшення біорізноманіття дендрофлори. Наведено перспективи використання сучасних технологій для моніторингу стану рослин і забезпечення їхнього сталого розвитку.

Ключові слова: аборигенні види, інтродуковані види, біорізноманіття, фенологічні спостереження, кліматичні зміни, урбанізоване середовище.

Summary

The study highlights the ecological and biological features of native and introduced species of dendroflora of the National Forestry University of Ukraine Botanical Garden of State Importance. The issues of adaptation of introduced species to local environmental conditions are considered. The resistance of woody plants to

climatic changes, such as temperature rise, precipitation instability and extreme weather events, is assessed. The phenological changes, growth dynamics and viability of different species in the context of modern climate challenges were analyzed.

Based on the data obtained, recommendations for the conservation and enhancement of dendroflora biodiversity are developed. Prospects for the use of modern technologies to monitor the condition of plants and ensure their sustainable development are presented.

Keywords: native species, alien species, biodiversity, phenological monitoring, climate change, urban environment.

Kenzora Nataliia Zenonivna. Ecological and biological features of the dendroflora of the National Forestry University of Ukraine Botanical Garden of State Importance. Master's thesis. / N.Z. Kendzora. – Lviv: UNFU, Department of Ecology, 2024. – 106 p.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	12
1.1. Дендрофлора ботанічних садів: загальні характеристики та значення для збереження біорізноманіття.....	12
1.2. Адаптація рослин до змін клімату: сучасний стан і проблеми досліджень.....	14
1.3. Фенологічні ритми деревних видів: методологічні підходи та значення в умовах ботанічних садів.....	16
1.4. Інтродукція та інвазія рослин: проблеми і перспективи в екосистемах ботанічних садів.....	19
Розділ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	22
2.1. Характеристика Ботанічного саду НЛТУ України як об'єкта дослідження.....	22
2.1.1. Історія та загальна характеристика дендрарію.....	23
2.1.2. Природні умови.....	25
2.2. Методика дослідження.....	29
2.2.1. Таксономічний аналіз.....	29
2.2.2. Екологічний аналіз.....	30
2.2.3. Фенологічні спостереження за деревами і кущами та порівняння феноритмів	31
Розділ 3. ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АБОРИГЕННИХ ТА ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ ДЕНДРОФЛОРИ.....	36
3.1. Таксономічний склад дендрофлори ботанічного саду.....	36
3.2. Біологічні та морфологічні характеристики видів колекції.....	40
3.3. Екологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів і їхня стійкість до кліматичних змін.....	44
3.4. Взаємодія аборигенних та інтродукованих видів у ботанічному саду, ознаки інвазійності	48

Розділ 4. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ДЕНДРОФЛОРУ БОТАНІЧНОГО САДУ.....	50
4.1. Оцінка впливу температурних показників та опадів на ріст і розвиток рослин.....	50
4.2. Динаміка феноритмів деревних рослин у відповідь на кліматичні зміни.....	55
4.2.1. Сезонні ритми розвитку дерев і кущів під впливом метеофакторів.	55
4.2.2. Феногрупи деревних видів за особливістю проходження сезонних ритмів вегетації та цвітіння.....	65
4.2.3. Феноперіоди вегетації та цвітіння, їх календарні терміни та тривалість.....	72
4.3. Адаптаційні стратегії аборигенних та інтродукованих видів до кліматичних стресів.....	75
Розділ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ДЕНДРОФЛОРИ.....	76
5.1. Використання фенологічних спостережень як інструменту моніторингу.....	76
5.2. Стратегії підтримки та збереження аборигенних видів в урбогенному середовищі.....	77
5.3. Підбір і рекомендації щодо інтродукції нових видів з урахуванням кліматичних змін.....	78
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	81
ДОДАТКИ.....	88
Додаток 1. Визначення таксономічної структури колекції деревних рослин дендрарію Ботанічного саду.....	89
Додаток 2. Графіки основних метеофакторів, що впливають на ріст і розвиток рослин	95
Додаток 3. Приклад обчислення статистичного блоку фенологічних досліджень для одного таксону.....	100
Додаток 4. Фенологія періоду вегетації.....	101
Додаток 5. Фенологія періоду цвітіння.....	104

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В умовах глобальних змін клімату та зростаючого антропогенного навантаження на природні екосистеми дослідження екологічних та біологічних особливостей дендрофлори стає надзвичайно актуальним. Ботанічні сади відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття, підтримці популяцій рідкісних та інтродукованих видів, а також слугують місцем для дослідження процесів адаптації рослин до змін клімату. Ботанічний сад загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України є важливим науковим об'єктом, оскільки його колекція рослин включає як місцеві, так і інтродуковані види, що дозволяє оцінити їхню адаптацію та фенологічні особливості в умовах змін клімату. Вивчення феноритмів, стійкості та адаптаційних можливостей цих видів сприятиме розумінню динаміки місцевих та інтродукованих популяцій дерев і чагарників в умовах різних кліматичних зон.

Мета і завдання роботи. *Метою* роботи є вивчення екологічних та біологічних особливостей дендрофлори Ботанічного саду загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України (на прикладі колекції дендрарію) з акцентом на таксономічний склад, відмінності між аборигенними та інтродукованими видами, а також їхню реакцію на кліматичні зміни.

Для досягнення цієї мети слід було виконати такі *завдання*:

- провести таксономічний аналіз видового складу дендрофлори ботанічного саду, включаючи аборигенні та інтродуковані види;
- оцінити екологічні та біологічні особливості аборигенних і інтродукованих видів, визначити їхні адаптивні ознаки та стійкість до умов місцевого клімату;
- проаналізувати вплив змін клімату на феноритми основних видів дендрофлори, зокрема на їхнє цвітіння, плодоношення, ріст і розвиток.
- вивчити адаптаційні стратегії інтродукованих видів до нових кліматичних умов, а також їхній потенційний вплив на аборигенну флору ботанічного саду.
- розробити рекомендації для підтримки стійкості та збереження біорізноманіття дендрофлори ботанічного саду в умовах змін клімату з перспективою застосування проєкції розробки даного напрацювання в умовах міста Львова.

Матеріали й методи. *Об'єктом* дослідження були дерева і кущі колекції дендрарію Ботанічного саду загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України, що включає як аборигенні, так і інтродуковані види.

Предмет дослідження – екологічні та біологічні особливості дендрофлори ботанічного саду, зокрема фенологічні ритми, адаптаційні процеси до змін клімату та взаємодія між аборигенними і інтродукованими видами в умовах різних кліматичних зон.

Для аналізу екологічних та біологічних особливостей дендрофлори Ботанічного саду загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України доцільно застосувати такі *методики дослідження*:

1. Таксономічний аналіз:

- *Методики систематизації та ідентифікації видів:* використання польових визначників та класифікаційних довідників для ідентифікації та систематизації видів дерев і чагарників.

- *Морфометричний аналіз:* збір даних про морфологічні ознаки (розміри, форма листків, будова квіток тощо) для відмінності між видами та оцінки їх адаптивних особливостей.

2. Фенологічні спостереження:

- *Метод календарних фенологічних спостережень:* регулярний моніторинг і реєстрація фенологічних фаз рослин (цвітіння, плодоношення, ріст пагонів, листопад) з метою виявлення змін у сезонних ритмах, викликаних змінами клімату.

- *Фотографічна фіксація фенологічних стадій:* використання фотознімків для візуального відстеження та документування фенологічних фаз протягом року.

3. Екологічний аналіз умов середовища:

- *Моніторинг кліматичних умов:* Вимірювання температури, опадів, вологості повітря, та інших показників для визначення впливу цих факторів на ріст і розвиток деревних видів.

4. Метод порівняльного аналізу:

- *Порівняння феноритмів аборигенних та інтродукованих видів:* визначення відмінностей у ритмах розвитку (фенологічних фазах) між місцевими та інтродукованими видами, що дозволяє оцінити їх адаптивність до місцевих умов.

- *Статистичний аналіз*: використання статистичних методів для обробки даних, отриманих у ході фенологічних спостережень, мікрокліматичних замірів та інших досліджень, з метою виявлення закономірностей у змінах феноритмів.

Ці методики дозволяють всебічно дослідити особливості дендрофлори ботанічного саду та отримати дані про стійкість видів до змін клімату, що важливо для розробки стратегії їх збереження та ефективного управління зеленими насадженнями.

Перелік публікацій автора за темою дослідження.

1. Кендзьора Н.З. Динаміка колекції деревно-чагарникових рослин дендрарію ботанічного саду НЛТУ України. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні*: матеріали III міжнародної наукової конференції, присв. міжнар. року здоров'я рослин. Умань, 2020. С. 114-122.

2. Кендзьора Н.З. Динаміка температури атмосферного повітря і режим опадів як фактори змін феноритміки рослин в період 2010–2019 років. *Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти*: матеріали всеукр. наук.-практ. заоч. конф. студ., аспір. та молод. Учених. Маріуполь. 2020. С. 51-54.

3. Кендзьора Н.З. Відхилення у феноритмах початку вегетації дерев і чагарників як реакція на зміни клімату. *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. європейський досвід і перспективи*: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Львів: ЛДУБЖД. 2021. С. 126-129.

4. Кендзьора Н.З. Кліматичні зміни та їх вплив на ритми росту і розвитку деревних рослин в урбогенних умовах. *Екологістика. Теорія і практика управління сміттєзвалищами*. Монографія (наук. ред. В.Попович, О.Теляк, О.Меньшикова). Wydawnictwo SGSP, 2021. С. 213-228.

5. Кендзьора Н.З. Таксономічна структура колекції деревно-чагарникових рослин дендрарію Ботанічного саду НЛТУ України. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні*: матеріали V Міжнародної наукової конференції, присвяченої 20-й річниці проголошення Всесвітнього дня культурного різноманіття в ім'я діалогу та розвитку. Національний дендропарк «Софіївка» НАН України, м. Умань, 2022. С. 88-99.

6. Кендзьора Н.З., Блюсюк Н.Л., Коляда Л.Б., Блюсюк Л.Т. Фенологічні спостереження в колекціях дендрофлори Ботанічного саду НЛТУ України. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем*: матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023рр. Львів : РВВ НЛТУ України, 2023. С.53-56.

7. Кендзьора Н.З., Хомяк Т.В. Дендрарій Ботанічного саду як природна та історико-культурна спадщина НЛТУ України. *Сучасний стан збереження природного різноманіття та сталого використання ресурсів природно-заповідних територій*: матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 25-річчю створення Яворівського національного природного парку. Сміт Івано-Франкове, Яворівський НПП, 2023. С. 134-140.

8. Кендзьора Н. Температура атмосферного повітря як лімітуючий фактор для сезонних ритмів розвитку рослин. *Природоохоронні території України: сучасні виклики та перспективи розвитку*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 40-річчю утворення Природного заповідника "Розточчя. Львів, смт Івано-Франкове, 2024. С.25-27.

9. Кендзьора Н.З. Древа в озелененні міста в контексті кліматичних змін. *Екологічна безпека в умовах війни*: збірник тез доповідей V міжнародної науково-практичної конференції. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С.24-26.

10. Кендзьора Н.З., Івченко А.І., Хом'як Т.В., Блюсюк Н.Л., Коляда Л.Б. Історичний аспект формування колекції дендрарію Ботанічного саду НЛТУ України. *Лісова освіта і наука: сучасні виклики та перспективи розвитку*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Львів, 2024. <https://doi.org/10.36930/conf150.1.33>

Структура та обсяг роботи. Загальний обсяг роботи становить 106 сторінок (в т. ч. 69 сторінок основного тексту). Цифровий матеріал відображений у 12 таблицях, графічний матеріал зображений на 9 рисунках. Літературний огляд налічує 64 джерела. Додатки вміщують матеріал на 18 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Дендрофлора ботанічних садів: загальні характеристики та значення для збереження біорізноманіття

Загальні характеристики дендрофлори ботанічних садів. Дендрофлора ботанічних садів охоплює різноманіття деревних та чагарникових видів, як аборигенних, так і інтродукованих, що культивуються з метою збереження біорізноманіття, освітньої діяльності та наукових досліджень. У багатьох ботанічних садах світу, зокрема в Україні, значна увага приділяється збереженню рідкісних і загрожених видів, зокрема місцевих ендеміків. Ботанічні сади часто виконують функцію колекційних осередків, де рослини з різних кліматичних зон вирощуються в умовах, близьких до природних, або з відповідними адаптаціями [35].

Основу колекційних фондів ботанічних садів складають представники дендрофлори, що мають важливе значення для екосистем, оскільки вони забезпечують середовище проживання для багатьох видів тварин, комах та мікроорганізмів [47]. Окрім того, дендрофлора є важливим компонентом міських зелених зон, які виконують функції очищення повітря та зменшення міського шуму [39].

Вплив ботанічних садів на збереження біорізноманіття. Однією з ключових функцій ботанічних садів є підтримка глобального біорізноманіття через інтродукцію та збереження видів з різних куточків світу. Збереження екзотичних видів, які знаходяться під загрозою зникнення у природному середовищі, є важливим завданням ботанічних садів [54]. Програми ex-situ збереження дозволяють не лише зберігати генетичний матеріал рідкісних рослин, але й створювати основи для їх можливого повторного введення в природу [22].

Ботанічні сади також сприяють захисту місцевої флори, зокрема через акліматизацію та підтримку місцевих видів, що важливо в умовах зміни клімату. Окрім того, вони активно підтримують мережі співпраці для обміну інформацією про збереження та моніторинг стану рослин, що дозволяє забезпечити краще розуміння глобальних змін у біорізноманітті [37].

Роль дендрофлори в екологічній стабільності та захисті міських екосистем. Дендрофлора ботанічних садів сприяє екологічній стабільності міських територій, виконуючи ключові екосистемні функції. У наукових роботах [23, 33] відзначено, що наявність деревних насаджень в міських ландшафтах значно покращує екологічну ситуацію, зокрема завдяки поглинанню вуглекислого газу, зниженню температури в літні місяці, фільтрації повітря та зменшенню впливу шкідливих забруднювачів. Ботанічні сади, які культивують різноманітну дендрофлору, мають особливо велике значення для міських екосистем, адже вони забезпечують підтримку міського біорізноманіття і служать середовищем існування для численних видів комах, птахів та інших тварин [49].

Інтродукція та збереження рідкісних та зникаючих видів у ботанічних садах. Інтродукція нових видів до ботанічних садів дозволяє створити резерви рідкісних та зникаючих видів у контрольованих умовах [56]. Це є особливо актуальним для видів, що потерпають від зміни клімату, знищення природних середовищ або інвазійних видів. Ботанічні сади є платформою для оцінки життєздатності видів в умовах, подібних до природних, але контрольованих, що дозволяє зберігати цінні генетичні ресурси та досліджувати адаптаційний потенціал видів до нових умов [28].

Водночас існує ризик, що деякі інтродуковані види можуть стати інвазивними і негативно вплинути на місцеві екосистеми, витісняючи аборигенні види [29]. Це підкреслює важливість ретельного моніторингу та дослідження біологічних особливостей видів перед їх інтродукцією в ботанічні сади [43].

Дендрофлора ботанічних садів як об'єкт наукових досліджень. Ботанічні сади виступають як унікальні науково-дослідні майданчики, де

можливе проведення довготривалих спостережень за ростом і розвитком рослин, а також їх реакцією на зміну клімату. Вони є ідеальними місцями для вивчення фенологічних ритмів, адаптаційних стратегій та потенціалу для збереження генетичного матеріалу [50]. Така робота є важливою не лише для підтримки колекцій ботанічних садів, але й для отримання нових даних про стійкість рослин до стресових факторів і можливість використання цих знань у природоохоронних програмах [24].

Таким чином, дендрофлори ботанічних садів відіграє важливу роль у збереженні біорізноманіття, підвищенні екологічної стабільності міських територій та підтримці рідкісних і зникаючих видів. Ботанічні сади не тільки зберігають цінні види для майбутніх поколінь, але й є базою для наукових досліджень, які дозволяють краще зрозуміти адаптаційні механізми рослин та потенціал їхнього використання в екосистемах, що зазнають антропогенних змін.

1.2. Адаптація рослин до змін клімату: сучасний стан і проблеми досліджень

Вплив кліматичних змін на рослинні екосистеми. Кліматичні зміни, що проявляються у підвищенні температур, зміні режиму опадів, зростанні частоти екстремальних погодних явищ, чинять сильний вплив на рослинні екосистеми. Дослідники зазначають, що ці зміни суттєво змінюють фізіологічні та фенологічні процеси у рослин, зокрема строки цвітіння, тривалість періоду вегетації та продуктивність фотосинтезу [48]. У зв'язку з цим постає завдання вивчення адаптивних механізмів, які дозволяють рослинам виживати і пристосовуватися до нових умов.

Кліматичні зміни можуть призводити до міграції видів, змін у структурі популяцій і навіть до втрати певних видів через їхню нездатність адаптуватися [34]. Ці явища викликають нові наукові питання щодо адаптаційних можливостей видів і меж їхньої стійкості до стресових умов.

Механізми адаптації рослин до кліматичних змін. Адаптація рослин до кліматичних змін є складним процесом, що охоплює різні рівні організації: від

фізіологічних змін до еволюційної адаптації [46]. Рослини можуть реагувати на стресові фактори, такі як підвищення температур або нестача вологи, через морфологічні та фізіологічні адаптації, наприклад, зміну будови листя, скорочення транспірації або збільшення вмісту осмотично активних речовин у клітинах [42].

Іншим важливим аспектом адаптації є фенологічні зміни, наприклад, більш раннє цвітіння або зміни у строках плодоношення. Ці зміни дозволяють рослинам уникати періодів екстремальної температури або посухи, що підвищує їхні шанси на виживання [27].

Генетична адаптація та селекція стійких сортів. Генетична адаптація є тривалим процесом, але в деяких випадках рослини можуть демонструвати генетичні зміни вже протягом кількох поколінь під впливом кліматичних факторів [38]. Наприклад, у багатьох регіонах спостерігаються швидкі генетичні зміни у видів, що адаптуються до зміни клімату через механізми природного відбору. Це підкреслює важливість селекційних програм, спрямованих на вирощування нових сортів сільськогосподарських і лісових культур, які матимуть підвищену стійкість до стресових умов [64].

Одним із напрямків таких досліджень є генетична інженерія, яка дозволяє модифікувати окремі ознаки рослин, такі як морозостійкість або посухостійкість. Хоча генетична модифікація має значний потенціал для підвищення стійкості рослин до кліматичних змін, це питання також викликає численні етичні й екологічні суперечки [62].

Фенологічні зміни як адаптивний механізм. Фенологічні зрушення є одним із найпоширеніших проявів адаптації рослин до змін клімату. Дослідження показують, що в середньому рослини починають цвісти на декілька тижнів раніше, ніж це було кілька десятиліть тому [44]. Ці зміни мають великий вплив на екосистеми, оскільки можуть спричинити невідповідність у взаємодії між рослинами та їхніми запилювачами, що в кінцевому результаті загрожує порушенням екологічних зв'язків [32].

Проблеми дослідження адаптації рослин до кліматичних змін. Незважаючи на численні дослідження, залишається багато невирішених питань,

пов'язаних із дослідженням адаптаційних процесів у рослин. Однією з головних проблем є невизначеність у прогнозах щодо швидкості й масштабів кліматичних змін, що ускладнює розробку чітких сценаріїв для вивчення адаптації рослин [61]. Ще однією проблемою є обмеження у довготривалих спостереженнях за природними популяціями, які вимагають значних ресурсів і часу, проте є критично важливими для розуміння довгострокових адаптаційних процесів [48].

Також залишається питання щодо адаптивного потенціалу різних видів. У той час як деякі рослини демонструють високу стійкість до змін клімату, інші види виявляються надзвичайно чутливими. Визначення факторів, які визначають цю варіабельність, є важливим напрямком сучасних досліджень [59].

Отже, вивчення адаптації рослин до змін клімату є дуже важливим, оскільки такі дослідження є основою для розробки стратегій збереження біорізноманіття та сталого використання рослинних ресурсів. Незважаючи на значні досягнення в цій галузі, залишаються численні невирішені питання, пов'язані з оцінкою адаптаційного потенціалу різних видів та їхньою здатністю до довготривалої адаптації. Подальші дослідження мають охоплювати комплексний підхід, що поєднує фізіологічні, генетичні та екологічні аспекти, з метою розуміння всіх можливих варіантів адаптації рослинних екосистем до нових кліматичних умов.

1.3. Фенологічні ритми деревних видів: методологічні підходи та значення в умовах ботанічних садів

Вступ до фенологічних ритмів деревних видів. Фенологія деревних видів вивчає циклічні зміни у фазах їхнього життєвого циклу (наприклад, цвітіння, плодоношення, листопад), що пов'язані з кліматичними та сезонними змінами. Вивчення фенології особливо важливе для ботанічних садів, де деревні види ростуть в умовах, максимально наближених до природних, але водночас мають певний рівень захисту від екстремальних умов. Ботанічні сади слугують ідеальними майданчиками для моніторингу довготривалих змін у феноритмах,

особливо у контексті глобального потепління [55]. Вони також є важливими для досліджень, спрямованих на вивчення адаптивної пластичності деревних видів, яка дозволяє оцінити їхню здатність до виживання в умовах кліматичних змін [50].

Методи вивчення фенологічних ритмів. Основними методами дослідження фенології є спостереження і документування сезонних змін у розвитку рослин. До них належать:

- *Польові спостереження та фотодокументування:* Ці методи передбачають регулярні польові спостереження за деревами для визначення початку та завершення певних фенологічних фаз, таких як розпускання бруньок, цвітіння, листопад. Фотодокументування допомагає точно зафіксувати етапи, а також відстежувати зсуви у фазах розвитку [45].

- *Календарні спостереження та фенологічні календарі:* Ведення фенологічних календарів є одним із найпоширеніших методів у ботанічних садах, оскільки дозволяє створювати стандартизовані дані для аналізу довготривалих тенденцій і порівняння різних видів [55].

- *Дистанційне зондування:* У деяких великих ботанічних садах застосовуються методи дистанційного зондування для моніторингу вегетаційного покриву та зміни кольору крон дерев, що є індикаторами сезонних змін. Ці методи дозволяють автоматизувати процес спостережень і отримувати великі обсяги даних про рослинність [29].

- *Фенологічні моделі та прогнозування:* Останнім часом розроблено моделі, що дозволяють прогнозувати фенологічні фази залежно від змін температури та інших кліматичних факторів. Це особливо корисно для визначення можливих змін у фенологічних ритмах у відповідь на потепління [25].

Значення вивчення феноритмів у ботанічних садах. Фенологічні спостереження у ботанічних садах мають декілька важливих аспектів:

- *Моніторинг змін клімату:* Ботанічні сади є природними лабораторіями для моніторингу кліматичних змін, оскільки вони забезпечують регулярний збір даних про рослини з різних кліматичних зон [44]. Наприклад, спостереження за

датами цвітіння або початком вегетації можуть вказувати на зміни у сезонних циклах через підвищення температур.

- *Дослідження адаптивної пластичності:* Ботанічні сади дозволяють порівнювати фенологічні ритми як аборигенних, так і інтродукованих видів. Це дає змогу оцінити їхню адаптивну пластичність і стійкість до нових екологічних умов [27]. Деревя та чагарники, які успішно адаптуються до змін, можуть бути перспективними для інтродукції в інші регіони зі схожими кліматичними умовами.

- *Збереження біорізноманіття:* Дані про фенологічні ритми є критично важливими для розробки стратегій збереження видів, зокрема для тих, які чутливі до змін клімату. Завдяки регулярним спостереженням у ботанічних садах стає можливим визначення видів, що знаходяться під загрозою через фенологічні зрушення, і розробка заходів для їхньої підтримки [50].

Виклики у дослідженні фенології деревних видів. Незважаючи на велике значення фенологічних досліджень, існують певні виклики, пов'язані з їх проведенням:

- *Трудомісткість довготривалих спостережень:* Фенологічні спостереження потребують тривалих і регулярних вимірювань, що потребує значних ресурсів і спеціальної підготовки дослідників. У випадку великих ботанічних садів важко відстежувати феноритми всіх видів через обмеженість персоналу і фінансування [55].

- *Непередбачуваність кліматичних змін:* Через значну варіативність у погодних умовах та непередбачувані кліматичні зрушення складно створити точні моделі прогнозування фенологічних фаз [26]. Це ускладнює розробку довгострокових стратегій управління дендрофлорою ботанічних садів.

- *Вплив урбанізації:* Ботанічні сади часто розташовані в міських або пригородних районах, де на фенологічні ритми може впливати урбанізація. Забруднення повітря, теплові острови та штучне освітлення можуть викликати зміни у фенологічних фазах, що ускладнює аналіз природних циклів [49].

Перспективи розвитку фенологічних досліджень у ботанічних садах. Сучасні дослідження фенології розвиваються в напрямку автоматизації та

застосування новітніх технологій. Розробка сенсорних мереж для відстеження температури, вологості, а також автоматизованих камер дозволяє зменшити залежність від людських спостережень і збільшити точність даних. Такі технології сприятимуть кращому розумінню фенологічних ритмів та їхньої змінності у відповідь на зміни клімату [29].

Також важливим напрямом є інтеграція фенологічних даних з іншими екологічними та кліматичними показниками для створення комплексних моделей адаптації деревних видів до нових умов. Це дозволить прогнозувати вплив змін клімату на рослинні угруповання в довгостроковій перспективі та виробляти стратегії збереження біорізноманіття.

Фенологічні ритми деревних видів є критично важливими для розуміння адаптаційних можливостей рослин і збереження біорізноманіття в умовах змін клімату. Ботанічні сади виконують унікальну роль у цьому процесі, оскільки забезпечують ідеальні умови для довготривалих фенологічних спостережень. Успішний розвиток цієї галузі досліджень залежить від інтеграції традиційних методів із новітніми технологіями для отримання більш детальних і точних даних.

1.4. Інтродукція та інвазія рослин: проблеми і перспективи в екосистемах ботанічних садів

Інтродукції рослин у ботанічних садах. Інтродукція рослин – це процес перенесення і культивування видів поза їх природним ареалом. Ботанічні сади є ключовими платформами для інтродукції рослин, оскільки надають умови для адаптації та збереження рідкісних і зникаючих видів з інших регіонів та континентів. Цей процес сприяє збагаченню колекцій ботанічних садів і дозволяє досліджувати адаптаційні можливості видів до нових кліматичних умов [37]. Проте інтродукція часто супроводжується проблемами інвазії, коли рослини, пристосовані до нових умов, починають витісняти місцеву флору, негативно впливаючи на екосистеми [53].

Значення інтродукції для ботанічних садів. Інтродукція рослин у ботанічних садах має наукове, екологічне і культурне значення. По-перше, інтродукція дозволяє зберігати рослини з інших регіонів, зокрема рідкісні і зникаючі види, які можуть зникнути у своїх природних місцях через зміну клімату, антропогенний вплив чи втрату середовища проживання [54]. По-друге, інтродукція сприяє розвитку освітніх програм і надає можливість людям ознайомитися з флорою різних кліматичних зон та культур [36]. Вона також важлива для досліджень, які вивчають адаптаційні механізми рослин, що можуть мати перспективи для вирощування в інших кліматичних умовах.

Проблеми інвазії. Інвазія є однією з головних проблем, що виникають у результаті інтродукції. Інвазійні види можуть активно розмножуватися і поширюватися за межами ботанічного саду, витісняючи місцеві види та змінюючи структуру екосистем [57]. Це особливо небезпечно для місцевої флори і фауни, оскільки інвазійні види можуть створювати нові екологічні ніші, які не завжди можуть бути заповнені місцевими рослинами і тваринами [51]. Наприклад, деякі інтродуковані види можуть пригнічувати місцеві рослини через алелопатію (вивільнення хімічних речовин, що заважають росту інших видів) або високий рівень конкурентоспроможності.

Серед основних причин інвазії інтродукованих видів виділяють відсутність природних хижаків і патогенів, а також сприятливі умови для швидкого розмноження [43]. У ботанічних садах часто створюються сприятливі умови для інтродукованих видів, що може призводити до їх активного зростання і подальшого розповсюдження за межі саду.

Методи контролю інвазії інтродукованих видів. Для зменшення ризиків інвазії ботанічні сади застосовують різні методи контролю і моніторингу. Основні підходи включають:

Оцінку інвазійного потенціалу видів: Перед інтродукцією види ретельно вивчаються на предмет їх потенційної інвазійності. Враховується ареал природного поширення, конкурентні можливості та здатність до розмноження [30].

Моніторинг та регулярне обстеження: Після інтродукції види регулярно обстежують для виявлення ознак поширення за межі контрольованої території [41]. Це допомагає вчасно визначити потенційно небезпечні види і вжити заходів щодо їх контролю.

Механічне видалення: Для видів, які починають демонструвати інвазійні властивості, можуть застосовуватися механічні методи видалення або обрізання, щоб зменшити їхню здатність до поширення [56].

Перспективи інтродукції в умовах зміни клімату. У сучасних умовах зміни клімату інтродукція видів у ботанічні сади набуває особливого значення, оскільки дозволяє вивчати стійкість рослин до нових умов і передбачати можливість їхнього виживання у різних екосистемах. Рослини, які демонструють високу адаптаційну пластичність, можуть використовуватися для озеленення і покращення міських екосистем [52]. Ботанічні сади також є важливими для збереження рідкісних видів, які можуть мати потенціал для подальшого поширення у змінених екосистемах.

Водночас інтродукція повинна проводитися з урахуванням можливих екологічних ризиків, пов'язаних з інвазією. З огляду на глобальне потепління та зміну режимів опадів, навіть види, що раніше не демонстрували інвазійних властивостей, можуть почати активно поширюватися [31]. Це підкреслює необхідність вдосконалення методів оцінки інвазійного потенціалу видів та розробки ефективних стратегій управління.

Інтродукція рослин у ботанічних садах має значний потенціал для збереження біорізноманіття і створення колекцій, однак вона супроводжується ризиками інвазії. Ефективне управління інтродукованими видами включає регулярний моніторинг, механічний контроль та оцінку інвазійного потенціалу. Ботанічні сади відіграють важливу роль у вивченні адаптаційних механізмів рослин і можуть слугувати основою для створення екологічно стійких систем озеленення, але потребують обережного підходу до інтродукції з огляду на можливі екологічні ризики.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика Ботанічного саду НЛТУ України як об'єкта дослідження

Ботанічний сад загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України створений відповідно до постанови Ради Міністрів України від 22.02.91 № 33, із змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 12.10.92 № 584 [20]. Ботанічний сад діє згідно Положення про ботанічний сад загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України [19].

Згідно Положення територіально Ботанічний сад знаходиться у м. Львові по вул. Генерала Чупринки, 103 – 6,2 гектара (зелені насадження – 4,7 гектара), вул. Ольги Кобилянської, 1 – 1 гектар (зелені насадження – 0,65 гектара), по вул. Землеробній (вул. Кульпарківській) – 3,35 гектара та у с. Страдч Яворівського району Львівської області – 15,5 гектара. Ботанічний сад є структурним підрозділом Національного лісотехнічного університету України.

Ботанічний сад входить до складу природно-заповідного фонду України, охороняється як національне надбання. Його створено з метою збереження, вивчення, акліматизації та розмноження в спеціальних умовах представників рідкісних і типових видів місцевої та світової флори. Він також слугує для створення, поповнення та збереження ботанічних колекцій, виконання наукової, навчальної та еколого-освітньої роботи. Основними завданнями Ботанічного саду є збереження та поповнення в штучних умовах колекцій живих рослин місцевої та світової флори, особливо рідкісних і унікальних видів; проведення науково-дослідних робіт із проблем охорони біорізноманіття, інтродукції, акліматизації, розмноження й ефективного використання рослин; ведення навчальної та освітньо-виховної роботи з питань ботаніки, екології, охорони природи, селекції, рослинництва, декоративного садівництва та ландшафтної архітектури. Крім

того, сад здійснює первинний облік кадастрових відомостей про колекційний фонд і флористичне різноманіття об'єктів природно-заповідного фонду [21].

2.1.1. Історія та загальна характеристика дендрарію.

Дендрарій, що є частиною Ботанічного саду, належить до найстаріших і найцікавіших колекцій деревних рослин, з багатою історією та унікальними зразками флори [1, 12, 13]. Його заснування почалося ще в 1874 році, коли перші колекційні дерева були висаджені на території тодішньої Лісової школи, що знаходилася на вулиці Святого Миколая (зараз вулиця Академіка Грушевського).



Рис. 2.1. Місце розташування Крайової школи лісового господарства, вул. Святого Миколая. Кадастрова карта Львова, 1849 р. (Lemberg (Lwów) Cadastral Map 1849/1853).

Однак через незадовільні умови навчання заклад було переведено на нове місце – в садибу Мілашевських на розі вул. Зибликевича (зараз вул. І. Франка) і Св. Марка (зараз вул. О. Кобилянської). На новій території було пересаджено частину дерев із попередньої локації, зокрема дуб звичайний, який зберігся донині та виділяється своїми біометричними параметрами. Також перенесли кілька дерев тисів, які досі є частиною колекції.

Після переїзду ділянка мала вигляд фруктового саду із кількома декоративними деревами. На той час перед фасадом будинку росли дві модрини та пурпуrolистий бук лісовий, які велетенськими 200-літніми деревами збереглися до початку ХІХ-го століття.



Рис. 2.2. Крайова школа лісового господарства.

Фото 1880-х рр.

Плануванням території займався Арнольд Рьорінг – автор проєкту Стрийського парку. Згідно з його концепцією, старі доріжки залишили без змін, поступово замінюючи фруктовий сад на декоративні дерева та екзоти. На межі ХІХ–ХХ століть було висаджено такі види, як ялиця кавказька, ялина червона, тсуга канадська, магнолія оберненояйцеподібна, липа європейська, берека лікувальна та інші. Попри обмежену територію, дерева висаджували максимально щільно, що призводило до природного відбору – виживали найбільш пристосовані види. Формуванням колекції займався професор В.Тинецький. З 130 таксонів, описаних ним у 1896 році, нині збереглися лише близько 25%.

Сучасний дендрарій перебуває під постійним доглядом співробітників, які активно поповнюють його колекцію, додаючи нові види. Серед останніх доповнень – сакура японська, рододендрон сіхотинський, сосни кримська та кедрова та багато інших декоративних дерев і куців. На території дендрарію

можна зустріти рідкісні трав'янисті рослини, такі як підсніжник білосніжний, білоцвіт весняний, нарцис вузьколистий, шафран Гейфеля тощо. Проте існують і виклики – через щільне висаджування дерев спостерігається конкуренція між рослинами, що ускладнює їх збереження в належному стані. Водночас тіснота створює специфічний дендроценоз, який залишається цінним для досліджень. Дендрарій є важливим об'єктом природної та історичної спадщини, що відображає розвиток ботанічної науки в регіоні. Колекція деревних рослин демонструє як багатство видів, так і проблеми, з якими стикається сучасна ботаніка у збереженні старовинних насаджень. Попри всі виклики, дендрарій залишається живим музеєм природи, який продовжує збагачуватися новими екзотами та рідкісними рослинами.

2.2.2. Природні умови. За фізико-географічним районуванням територія об'єктів Ботанічного саду знаходяться в північно-західній частині Ширецького району області Розточчя та Опілля Західноукраїнської провінції Лісостепової фізико-географічної зони південного заходу Східноєвропейської рівнинної країни. Об'єкти Ботанічного саду в межах Львова розміщені на західних відрогах Волино-Подільської височини, зокрема, в геоморфологічному районі Львівського плато. Покрив складений переважно водно-льодовиковими суглинками, як у верхній частині в багатьох місцях стали лесовидними. Відрог плато в районі Львова включає декілька ерозійних останців. Це гора Високий Замок із штучним насипним горбом та двома яскраво вираженими структурними терасами. Східніше Піскова гора (чи гора Лева) з трьома структурними терасами. Далі на схід Вовча гора та плосковерха Лиса гори. Остання має виражені терасові схили, що круто обриваються в бік річка Полтви та пологіше на південь у бік Львівської улоговини. На південному сході відрог замикається лісистою Чатовою (Чортовою) скелею, увінчаною вивітреними останками верхньотортонських пісковиків у вигляді стрімких скель. На Захід за рікою Полтвою височіє Кортумівська гора. Від неї розпочинається Розточчя. Посередині Львівської улоговини височить відносно пологий плосковерхий ерозійний останець Цитадель. Виположення його схилів на контакті верхньо-крейдових мергелів і

Тортонських пісків. Безпосередньо на такому виположеному схилі й знаходиться територія найстарішого колекційного об'єкту Ботанічного саду дендрарію [21]. Не виключено, що із двох його терас, які вважаються штучними, ширша створена з використанням залишку природної тераси.

На території ботанічного саду відсутні будь-які відкриті природні водойми.

Клімат формується під впливом багатьох факторів: сонячної радіації, атмосферної циркуляції, що зумовлює перерозподіл тепла і вологи, та характеру місцевості (висоти, експозиції схилів, ґрунтово-рослинного покриву).

Львівщина відзначається різноманітністю клімату, що зумовлено неоднорідністю її поверхні. Проте, спільною є м'якість клімату, яка виявляється в тому, що Львівському регіону не властиві сильні морози, навпаки, характерні часті відлиги взимку, мрячна хмарність, обложні дощі. Клімат у Львові надмірно зволожений. У Львові тільки 50 ясних днів, а 150 – з повною хмарністю.

Основна кількість одержуваного тепла витрачається на випаровування води. Показники теплового балансу свідчать про те, що в межах Львова та його околиць формується помірно вологий клімат. Кількість опадів перевищує величину випаровування.

Над Львовом та його околицями панівним є повітря помірних широт. Континентальне повітря найчастіше заходить влітку та навесні, а в зимовий час воно приносить холодну безхмарну погоду мінімальну температуру (іноді до 30°C морозу і більше). Вітри панують західних напрямків у зимовий період західні та південно-західні, влітку західні та північно-західні. Найчастіше повторюються слабкі та помірні вітри (0-5 м/с). Осінньо-зимовий період найбільш вітряний. Особливу шкоду приносять осінні вітри при наявності ранніх снігопадів налипанням мокрого снігу на не опале листя. Штормові літні вітри бувають рідко, але часом завдають суттєвої води.

Найхолоднішим місяцем є січень. Для зимових місяців характерна велика мінливість температури повітря. Середні місячні і річні температури повітря по Львову вказують на цілком сприятливі умови росту деревних колекційних

рослин, особливо з помірної зони за походженням. Критичними є абсолютні мінімуми і максимуми. Саме вони створюють критичний екстремум для рослин.

Найбільш небезпечним є зимово-весняний період із січня по березень. Підмерзання викликають ранні весняні та пізні осінні приморозки.

Сніговий покрив у Львові тримається в середньому від листопада до лютого. Середньорічне число днів з сніговим покривом 85. В середньому за рік прослідковується 20 днів з хуртовиною. В середньому за рік за багаторічними даними випадає 680 мм опадів. Найбільша кількість опадів випадає в літні місяці, найменша березні. В окремі роки і місяці спостерігаються дуже значні відхилення сум опадів від середніх багаторічних даних. В середньому за рік спостерігається 60 днів з туманом. В середньому за рік спостерігається по 30 днів з грозою. В рідкісних випадках грози спостерігаються в зимові місяці (не частіше 5 днів за 100 р.).

В цілому клімат району, де розміщені усі об'єкти Ботанічного саду НЛТУ України сприятливий для успішного росту багатьох видів деревних рослин дерев, чагарників, чагарничків, а також трав'янистих рослин [21].

Ґрунти. Об'єкти Ботанічного саду, розміщені в старій частині міста Львова. Дендрарій (вул. Ольги Кобилянської, 1) та дендропарк (вул. Генерала Чупринки, 103) за генетичною ознакою характеризуються темно-сірими та сірими опідзоленими лісовими ґрунтами. В історичному плані ці ґрунтові ділянки сформувалися під буковими та дубово-буковими пралісами. За останні два століття природно сформовані ґрунти в більшій не меншій мірі пройшли процеси деградації. Зокрема, мали місце ущільнення та, гіпотетично, зниження рівня їх кислотності. За механічним складом ґрунти відносяться до легкосуглинкових.

В окремих місцях цих масивів спостерігаються порушені ґрунти. На території дендрарію значна частина ділянок має насипні ґрунти, що зумовлено колишнім (середина 19-го століття) підсипанням та вирівнюванням ділянок [21]. На південній частині дендрарію в той же період було проведено терасування. Однак, під час проведення цих робіт, на поверхню не виносилася материнська порода, а для підсипання, судячи з нинішньої будови ґрунтового розрізу та

грунтових прикопок, використовували земляну масу з верхніх генетичних горизонтів аналогічних типів ґрунту. Тому верхній шар ґрунту в цілому відзначається оптимальними фізико-хімічними та агротехнічними властивостями та характеризується високою родючістю.

Ландшафти території. Ландшафти це невеликі різні за складом природно-територіальні комплекси. Природний ландшафт (природний район) – закономірно побудована система морфологічних частин, які утворилися на спільній структурно-літологічній основі. Відзначаються своїм місцевим кліматом, характером рослинного покриву ґрунтів, індивідуальною морфологічною структурою.

Дендропарк і дендрарій Ботанічного саду розміщені в районі густої міської забудови міста Львова. Особливо цей фактор проявляється на території дендрарію [21]. Тут зелений масив деревно-чагарникових насаджень із східного і південного боків оточений міськими вулицями Ольги Кобилянської та Івана Франка, а із західного та північного щільним рядом будинків, парадна сторона яких виходить на вулиці Менделєєва та Кирила і Мефодія. Тому сучасний ландшафт тут суцільно урбогенний. Однак неподалік, дещо далі (чи, по іншому, дещо вище) по вулиці Івана Франка збереглася група вікових дерев бука лісового залишок лісів природного ландшафту. А з іншого боку, на схилі гори Цитадель, ще донедавна зустрічалися дерева дуба звичайного, хоча, можливо, і дещо молоді від згаданих букових.

Рослинність. Експозиційно-колекційні ділянки деревно-чагарникових рослин дендрарію створені штучно. На території дендрарію на даний час збереглося близько трьох десятків дерев, вік яких більше 100 років. В колекції найповніше представлена деревна рослинність Європи 50%, північно-американські види становлять 30%, види з Північно-Східної Азії та Далекого Сходу займають близько 20%. На сьогодні переважна більшість деревно-чагарникових рослин дендрарію цвіте і плодоносить. Окремі інтродуценти наближаються до стадії натуралізації, оскільки є факти їх природного поновлення.

Екологічний стан території визначається як антропогенними, такі кліматичними факторами. Одним із негативних наслідків впливу міського середовища на колекції ботанічного саду є забруднення його компонентів.

Для території ботсаду однією із найскладніших екологічних проблем є забруднення природного середовища автотранспортом [21]. Головну небезпеку становлять відпрацьовані гази двигунів автомобілів, то містять до 200 різних компонентів, більшість з яких токсичні як для людини, так і для рослинних фітоценозів.

2.2. Методики дослідження

Методики дослідження, використані у даній роботі, спрямовані на комплексне вивчення рослин, їхніх екологічних характеристик, життєвих циклів та адаптаційних можливостей. Основними підходами є таксономічний, екологічний та фенологічний аналізи, які забезпечують системне дослідження рослин і умов їхнього збереження.

Таксономічний аналіз дозволяє ідентифікувати та класифікувати рослини, визначати їх видовий склад, рідкісність і поширення, що сприяє формуванню повних ботанічних колекцій. Екологічний аналіз зосереджений на вивченні взаємодії рослин з навколишнім середовищем: вимог до світла, вологи, ґрунтів і температури, що дозволяє визначити оптимальні умови для їхнього вирощування та акліматизації. Фенологічні спостереження охоплюють моніторинг сезонних змін у життєвих циклах рослин. Це дає змогу оцінювати реакцію рослин на кліматичні фактори, порівнювати феноритми різних видів і прогнозувати їх поведінку в умовах змін клімату.

2.2.1. Таксономічний аналіз. Таксономічний аналіз передбачає ідентифікацію та класифікацію рослин за їх видовою належністю, за морфологічними, генетичними та екологічними ознаками, вивчення складу флори, її різноманіття та родинної структури. Основними методами таксономічного аналізу є:

– *Морфологічний аналіз* – це базовий метод, що включає вивчення зовнішніх ознак рослин, таких як будова листків, квіток, плодів, кореневої системи та інших морфологічних характеристик. Морфологічний аналіз дозволяє ідентифікувати види та визначити їх таксономічне положення. Даний метод особливо важливий для ботанічних садів з великими флористичними комплексами, при цьому використовуються визначники рослин і гербарні колекції для порівняння.

– *Анатомічний аналіз* включає дослідження внутрішньої будови тканин і клітин рослин, що допомагає розрізняти види за ознаками, невидимими при звичайному морфологічному аналізі. Дослідження анатомії листя, стебел або коренів може бути корисним для підтвердження таксономічної приналежності виду.

– *Молекулярний аналіз (ДНК-аналіз)* дозволяє встановлювати філогенетичні зв'язки між видами на основі генетичних маркерів. Це є сучасним методом для уточнення таксономії видів, особливо у випадках, коли морфологічні ознаки є недостатніми для ідентифікації. У ботанічних садах молекулярний аналіз особливо корисний для розрізнення близькоспоріднених інтродукованих видів. Використання його на даному етапі є проблематичним.

2.2.2. Екологічний аналіз. Цей аналіз включає вивчення взаємодії рослин із факторами навколишнього середовища, що дає змогу оцінити їхню екологічну пластичність, адаптаційні можливості та вимоги до умов зростання. Цей підхід застосовується для вивчення екологічних особливостей окремих видів рослин і флористичних угруповань загалом. Аналіз охоплює кілька ключових аспектів. Перш за все, вивчається світловий режим (геліофітність), тобто залежність рослин від рівня освітленості, що дозволяє групувати їх на ділянках із різними умовами світла. Важливим є також аналіз вологісного режиму (гігрофітність), який визначає залежність рослин від рівня вологості ґрунту і повітря – від водолюбних видів до посухостійких.

Дослідження температурного режиму дає змогу оцінити реакцію рослин на температурні коливання, морозостійкість і їхні вимоги до тепла, що є важливим

для акліматизації нових видів. Аналіз ґрунтових характеристик, таких як структура ґрунту, родючість, кислотність, допомагає оптимізувати умови зростання рослин у конкретних місцях. Крім того, досліджується здатність рослин адаптуватися до місцевих кліматичних умов, включаючи вплив сезонних змін та екстремальних погодних явищ, таких як засухи чи заморозки.

Екологічний аналіз є основою для планування інтродукції та акліматизації рослин, прогнозування їхньої поведінки в різних екологічних умовах, а також для розробки рекомендацій щодо догляду [10].

У даній роботі проаналізовано наступні екологічні показники з акцентом на підбір кліматичних дерев для урбогенного середовища:

Зимостійкість – це комплексна стійкість до всіх несприятливих факторів в зимовий період, таких як різкі перепади температур, відлиги, сонячні опіки.

Посухостійкість – здатність рослин витримувати значне зневоднення та перегрівання, зберігаючи при цьому нормальний ріст, розвиток та здатність до відтворення.

Солестійкість – стійкість до реагентів, які потрапляють у ґрунт зокрема й з зимовими сольовими піскосумішами.

Газостійкість – це здатність рослин зберігати життєдіяльність у присутності в атмосфері шкідливих газів.

Дослідження цих показників забезпечують можливість створення оптимальних умов для збереження і культивації як місцевих, так і інтродукованих видів, сприяючи підтримці біорізноманіття і розробці стратегії адаптації до змін клімату.

2.2.3. Фенологічні спостереження за деревами і кущами та порівняння феноритмів. Фенологічні спостереження зосереджені на моніторингу життєвих циклів деревних і чагарникових рослин, включаючи цвітіння, плодоношення, листопад тощо. Порівняння феноритмів дозволяє виявити відмінності в реакції рослин на зміну кліматичних умов та сезонні коливання, що важливо для оцінки їх акліматизаційного потенціалу і планування заходів догляду.

Фенологічні спостереження за деревними і чагарниковими рослинами є важливою частиною моніторингу екологічних процесів у ботанічних садах, лісових екосистемах та інших природних середовищах [11]. Такі спостереження дозволяють виявити сезонні ритми розвитку рослин (феноритми), що визначаються змінами кліматичних умов та іншими екологічними факторами. У ботанічних садах феноспостереження використовують для вивчення адаптації рослин до змін клімату та оцінки їх стійкості до нових умов середовища.

Спостереження проводять як за аборигенними, так і за інтродукованими видами рослин [11].

Фенологічні спостереження проводяться регулярно, зазвичай один раз на тиждень протягом вегетаційного періоду (з ранньої весни до пізньої осені). У критичні періоди, такі як період активного цвітіння, стрімкого початку вегетування або листопаду, спостереження можуть здійснюватися двічі на тиждень або частіше, щоб точно зафіксувати початок і кінець певних фаз.

Фенологічні фази – це ключові етапи в сезонному циклі розвитку рослин, вони повторюються щороку. Основними фенологічними фазами, які спостерігаються у деревних і чагарникових рослин, є:

- *Ріст вегетативних бруньок*: ПБ¹ – набубнявіння вегетативних бруньок; ПБ² – розпускання вегетативних бруньок;
- *Облиствіння пагонів*: Л¹ – початок облиствіння пагонів; 3Л¹ – облиствіння 50 % пагонів; 5Л¹ – повне облиствіння пагонів;
- *Зміна кольору листя на характерне осіннє*: Л³ – початок зміни кольору листя; 3Л³ – зміни кольору 50 % листя; 5Л³ – повна зміна кольору листя;
- *Опадання листя*: Л⁴ – початок опадання листя; 3Л⁴ – опадання 50 % листя; 5Л⁴ – повне опадання листя;
- *Цвітіння*: Ц¹ – набубнявіння генеративних бруньок; Ц³ – бутонізація; Ц⁴ – початок цвітіння; 3Ц⁴ – масове цвітіння; 5Ц⁵ – завершення цвітіння;
- *Достигання плодів*: ПЛ³ – початок достигання плодів; 3ПЛ³ – масове достигання плодів;
- *Опадання плодів*: 2ПЛ⁴ – масове опадання плодів.

Записи про початок, тривалість і завершення кожної фенологічної фази фіксуються в спеціальних фенологічних журналах або електронних базах даних. Важливими аспектами фіксації є:

Дата початку і завершення фази: записують день, коли були виявлені перші ознаки нової фази, та день її завершення.

Інтенсивність: оцінка інтенсивності розвитку фази, наприклад, кількість розпущених квіток або відсоток листопаду.

Зовнішні фактори: систематично записуються також зміни погодних умов, які можуть вплинути на фенологічний розвиток рослин.

Для точності спостережень використовуються різні інструменти і методи:

Візуальний огляд: основний метод, який дозволяє оцінити стан рослин і визначити початок і завершення певних фенологічних фаз.

Фотографічна фіксація: регулярне фотографування об'єктів дослідження дозволяє відстежувати зміни у фазах і надає візуальне підтвердження сезонних змін.

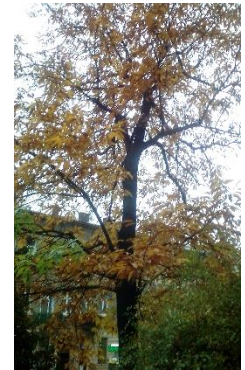
Пб¹Пб²Л¹5Л¹3Л⁴Ц¹Ц³Ц⁴3Ц⁴5Ц⁵

Рис. 2.3. Приклади фотофіксації фенофаз.

У великих ботанічних садах можуть застосовуватись автоматизовані камери та температурні датчики для постійного моніторингу умов середовища та розвитку рослин.

Статистична обробка даних. Після завершення сезону всі зібрані дані аналізуються. За допомогою статистичних методів можна визначити середні строки настання фенологічних фаз, їх тривалість, а також виявити відхилення, що можуть бути пов'язані з кліматичними змінами або аномальними погодними умовами. Такий аналіз дозволяє простежити динаміку змін феноритмів упродовж кількох років.

Детально досліджені такі фенологічні періоди, як вегетація та цвітіння [11]. Характерною ознакою і перевагою феноперіоду вегетації є довга тривалість у часі, що дає змогу при відносно короткому періоді спостережень отримати достовірний результат. Феноперіод цвітіння має порівняно меншу тривалість, проте важливість його дослідження полягає в тому, що це одна з основних ознак адаптації інтродукованих видів, особливо чутливих до змін метеорологічних факторів. Початком вегетації для досліджуваних таксонів прийнято дату настання фенофази набубнявіння вегетативних брунок (ПБ¹), кінець визначався за настанням фенофази завершення осінньої зміни забарвлення листя (5Л³). Інтервал між цими фенофазами визначався як тривалість вегетаційного періоду конкретних рослин. Для визначення фенперіоду цвітіння використовували дати настання фенофаз початку (Ц⁴) та завершення (5Ц⁵) цвітіння.

Проводячи аналіз феноритміки вегетації рослин за час спостережень всі таксони, що компактно розміщувались за календарними датами початку вегетування розділили на п'ять феногруп [8]: ДРПВ – дуже раннього початку вегетації, РПВ – раннього початку вегетації, СПВ – середнього початку вегетації, ППВ – пізнього початку вегетації, ДППВ – дуже пізнього початку вегетації. За тим самим принципом здійснено групування таксонів за середньою фенодатою закінчення вегетації: ДРЗВ – дуже раннього завершення вегетації, РПВ – раннього завершення вегетації, СПВ – середнього завершення вегетації, ППВ – пізнього завершення вегетації, ДППВ – дуже пізнього завершення вегетації.

За тривалістю вегетаційного періоду рослини на об'єктах дослідження були поділені на п'ять груп: ДКВ – дуже короткого періоду вегетації, КВ – короткого періоду вегетації, СВ – середнього періоду вегетації, ТВ – тривалого періоду вегетації, ДТВ – дуже тривалого періоду вегетації.

Проводячи аналіз феноритміки цвітіння дендрофлори всі таксони, за середньою фенодатою початку цвітіння розділили на п'ять феногруп: ДРПЦ – дуже раннього початку цвітіння, РПЦ – раннього початку цвітіння, СПЦ – середнього початку цвітіння, ППЦ – пізнього початку цвітіння, ДППЦ – дуже пізнього початку цвітіння. За середньою фенодатою закінчення цвітіння здійснено наступне групування: ДРЗЦ – дуже раннього завершення цвітіння, РЗЦ – раннього завершення цвітіння, СЗЦ – середнього завершення цвітіння, ПЗЦ – пізнього завершення цвітіння, ДПЗЦ – дуже пізнього завершення цвітіння.

За тривалістю цвітіння рослини поділені на п'ять груп: ДКЦ – дуже короткого періоду цвітіння, КЦ – короткого періоду цвітіння, СЦ – середнього періоду цвітіння, ТЦ – тривалого періоду цвітіння, ДТЦ – дуже тривалого періоду цвітіння.

При статистичній обробці матеріалів досліджень нами були використані наступні показники: середнє значення ряду даних, середня квадратична похибка, а також коефіцієнт варіації та показник точності (лише для довжин феноперіодів).

На основі аналізу фенологічних спостережень робили висновки про зміни у фенологічних ритмах (зміщення фенологічних фаз, наприклад, більш раннє цвітіння чи початок вегетації, що свідчить про потепління клімат, адаптаційні можливості видів (виявлення видів, що демонструють високу пластичність і здатні адаптуватися до змін клімату).

РОЗДІЛ 3.

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АБОРИГЕННИХ ТА ІНТРОДУКОВАНИХ ВИДІВ ДЕНДРОФЛОРИ

3.1. Таксономічний склад дендрофлори ботанічного саду

Таксономічний склад дендрофлори ботанічного саду є важливим елементом для оцінки його біорізноманіття, екологічної значущості та можливостей для наукових досліджень. У Ботанічному саду НЛТУ України зібрані як аборигенні (місцеві), так і інтродуковані види дерев і кущів, що дозволяє проводити комплексні дослідження їхньої адаптації, фенологічних ритмів та стійкості до змін клімату [1, 4, 9].

Дослідження базується на матеріалах інвентаризацій деревно-чагарникових рослин дендрарію та літературних джерелах, які містять аналіз кількісного і якісного складу колекції дендрофлори [1, 4, 17, 60]. У процесі роботи були уточнені назви таксономічних одиниць дендрофлори, а також їхнє систематичне положення відповідно до сучасних класифікаційних підходів [14, 15, 16, 18, 58]. Цей підхід дозволяє оцінити актуальний стан колекції, її відповідність сучасним таксономічним стандартам і виявити тенденції розвитку видового складу, зокрема в контексті збереження біорізноманіття та інтродукції нових видів.

Початок формування колекції дендрофлори Ботанічного саду здійснювалося під керівництвом професора Владислава Тинецького. Першим деревом колекції став саджанець дуба звичайного, який і досі зберігся в центральній частині дендрарію. Попри обмежену площу дендрарію (0,8 га), його видовий склад з перших років діяльності Лісової школи був надзвичайно різноманітним. Переважна більшість колекційних деревно-чагарникових рослин є інтродуцентами, які походять із флори Китаю, Японії, Кавказу, Північної Америки та Близького Сходу.

За даними літературних джерел кінця XIX століття [60], у дендрарії були висаджені дерева тиса ягідного, сосен – гірської та європейської кедрової, колекція різних видів дуба, горіх чорний, бундук дводомний, багряник японський, оксамитник амурський, ялиця кавказька, ялина червона, тсуга канадська, магнолія оберненояцеподібна, берека лікувальна, липа європейська, гамамеліс віргінський, овальна та торочкувата карії. Значна частина цих видів збереглася донині, що свідчить про їхню успішну акліматизацію в умовах регіону.

З часом конкуренція між рослинами поступово зростала, що призвело до природного відбору: деякі види з різних причин випали з насаджень. На 1993 рік зі 130 таксонів, згаданих професором В. Тинецьким, залишалось лише 35.



Рис. 3.1. Сучасна схема дендрарію [9].

Проте дендрологічна колекція постійно поповнювалася новими рослинами. На час інвентаризації 1995 року вона налічувала 134 таксони, які були віднесені до 32 родин [1]. У 2000 р. проведено чергову інвентаризацію та уточнено таксономічний склад колекції, за її результатами виявлено 126 деревних порід, зокрема 17 садових форм, що належать до 79 родів і 37 родин [17].

Однак, одним із недоліків є те, що більшість таксонів представлені в колекції лише 1–3 екземплярами, що створює загрозу втрати рідкісних видів у разі несприятливих умов чи пошкоджень. Ця ж проблема

залишається актуальною і на сьогодні, що потребує розробки заходів для посилення збереження та репродукції рідкісних рослин.

На даний час на об'єкті проінвентаризовано 438 колекційних особин деревно-чагарникової флори: 437 осібного та 1 сукупного росту, які належать до 182 видових і внутрішньовидових таксонів, 87 родів, 40 родин. Серед рослин осібного росту 111 – хвойні (31 таксон), а 326 – листяні (151 таксон). Детальний розподіл представлено в додатку 1.

Розподіл рослин за родинами наступний:

1. GINKGOACEAE – ГІНКГОВІ (1 таксон – 1 особина);
2. TAXACEAE – ТИСОВІ (1 таксон – 53 особини);
3. TAXODIACEAE – ТАКСОДІЄВІ (1 таксон – 2 особини);
4. PINACEAE – СОСНОВІ (14 таксонів – 21 особина);
5. CUPRESSACEAE – КИПАРИСОВІ (14 таксонів – 34 особин);
6. MAGNOLIACEAE – МАГНОЛІЄВІ (2 таксони – 7 особин);
7. BERBERIDACEAE – БАРБАРИСОВІ (5 таксонів – 10 особин);
8. CERCIDIPHYLLACEAE – БАГРЯНИКОВІ (1 таксон – 1 особина);
9. EUCOMMIACEAE – ЕВКОМІЄВІ (1 таксон – 1 особина);
10. HAMAMELIDACEAE – ГАМАМЕЛІДОВІ (1 таксон – 1 особина);
11. PLATANACEAE – ПЛАТАНОВІ (1 таксон – 1 особина);
12. BUXACEAE – САМШИТОВІ (1 таксон – 4 особини);
13. FAGACEAE – БУКОВІ (13 таксонів – 21 особина);
14. BETULACEAE – БЕРЕЗОВІ (2 таксони – 4 особини);
15. JUGLANDACEAE – ГОРІХОВІ (8 таксонів – 17 особин);
16. ULMACEAE – В'ЯЗОВІ (4 таксони – 7 особин);
17. MORACEAE – ШОВКОВИЦЕВІ (2 таксони – 2 особини);
18. ACTINIDIACEAE – АКТИНІДІЄВІ (1 таксон – 1 особина);
19. ERICACEAE – ВЕРЕСОВІ (2 таксони – 3 особини);
20. SALICACEAE – ВЕРБОВІ (5 таксонів – 5 особин);
21. TILIACEAE – ЛИПОВІ (3 таксони – 3 особини);
22. MALVACEAE – МАЛЬБОВІ (1 таксон – 3 особини);

23. GROSSULARIACEAE – АГРУСОВІ (2 таксони – 3 особини);
24. PAEONIACEAE – ПІВОНІЄВІ (1 таксон – 1 особина);
25. ROSACEAE – РОЗОВІ (33 таксони – 75 особин);
26. FABACEAE – БОБОВІ (6 таксонів – 11 особин);
27. ACERACEAE – КЛЕНОВІ (3 таксони – 3 особини);
28. HIPPOCASTANACEAE – ГІРКОКАШТАНОВІ (2 таксони – 2 особини);
29. RUTACEAE – РУТОВІ (3 таксони – 4 особини);
30. ANACARDIACEAE – СУМАХОВІ (АНАКАРДІЄВІ) (1 таксон – 2 особини);
31. CELASTRACEAE – БРУСЛИНОВІ (3 таксони – 3 особини);
32. VITACEAE – ВИНОГРАДОВІ (4 таксони – 5 особин);
33. HYDRANGEACEAE – ГОРТЕНЗІЄВІ (10 таксонів – 17 особин);
34. CORNACEAE – ДЕРНОВІ (КИЗИЛОВІ) (4 таксони – 11 особин);
35. ARALIACEAE – АРАЛІЄВІ (2 таксони – 9 особин);
36. SAPRIFOLIACEAE – ЖИМОЛОСТЕВІ (8 таксонів – 41 особина);
37. VIBURNACEAE – КАЛИНОВІ (3 таксони – 6 особин);
38. SAMBUCACEAE – БУЗИНОВІ (1 таксон – 1 особина);
39. OLEACEAE – МАСЛИНОВІ (9 таксонів – 36 особин);
40. BIGNONIACEAE – БІГНОНІЄВІ (2 таксони – 5 особин);

Щорічно видовий склад колекції дендрарію поповнюється новими таксонами, що розширює її ботанічне різноманіття та підвищує наукову й естетичну цінність. Наразі на експозиційних ділянках успішно адаптуються дерева і чагарники різних видів, зокрема лапина вузькокрила, клен пальмолистий, туя східна, туєвик долотоподібний, кунінгамія ланцетоподібна, кизильник вишуканий, будлея Давида, розовик керієподібний, троянда зморшкувата, смородина гарна, кампсис вкорінливий, актинідія коломікта, стахіурус ранній та садові жасмини (флоридський, магдалени, пухнастий) [9].

Поповнення колекції новими видами свідчить про активну інтродукційну діяльність та успішну акліматизацію рослин, що мають різне географічне

походження. Нові види, представлені у дендрарії, створюють додатковий ресурс для освітньої та просвітницької роботи, спрямованої на популяризацію знань про флору та необхідність її охорони.

3.2. Біологічні та морфологічні характеристики видів колекції

Біологічні характеристики деревних видів визначають їхню здатність до зростання, адаптації до зовнішніх умов і екологічну роль у природних та штучних екосистемах. Життєва форма, довговічність, фенологічні ритми дерев та різні рівні адаптивності (стійкість дерев до екологічних факторів) є характерними ознаками видів.

Серед досліджуваних видів аборигенні – 25%, інтродуковані – 75%. Природними ареалами інтродукованих видів є переважно Північна Америка, Південна Європа, Східна Азія, Кавказ. Це рослини регіонів помірною континентального та помірною морського, рідше – середземноморського клімату.

Життєві форми проінвентаризованих рослин дендрарію налічують: 193 особини – дерево (44%), 234 – кущ (54%), 10 – ліана (2%) та 1 живопліт [9].

Санітарний стан колекції загалом може бути описаний як добрий. Із загальної кількості дерев і кущів у доброму стані перебуває 285 особин, у задовільному – 125, в незадовільному – 27 (рис. 3.2.).

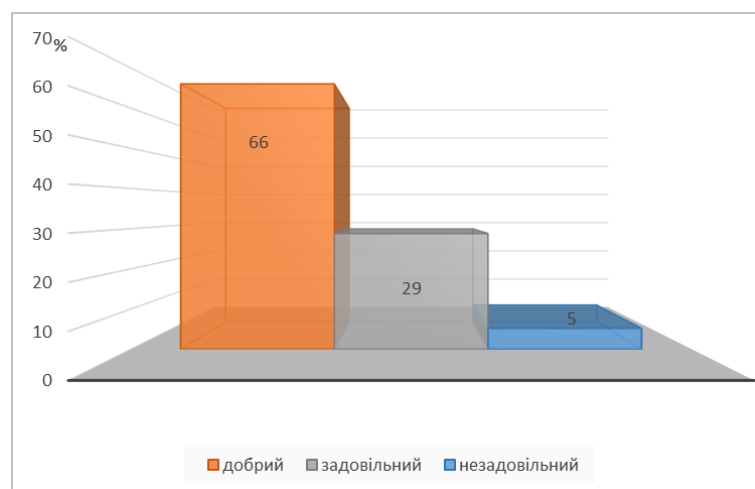


Рис. 3.2. Відсотковий розподіл складу колекції дендрарію за санітарним станом.

Колекція дендрарію є різновіковою (рис. 3.3.), так як постійно поповнюється новими видами рослин. У віковій групі до 10 років знаходиться 75 рослин, старші 100 років – 31 рослина.

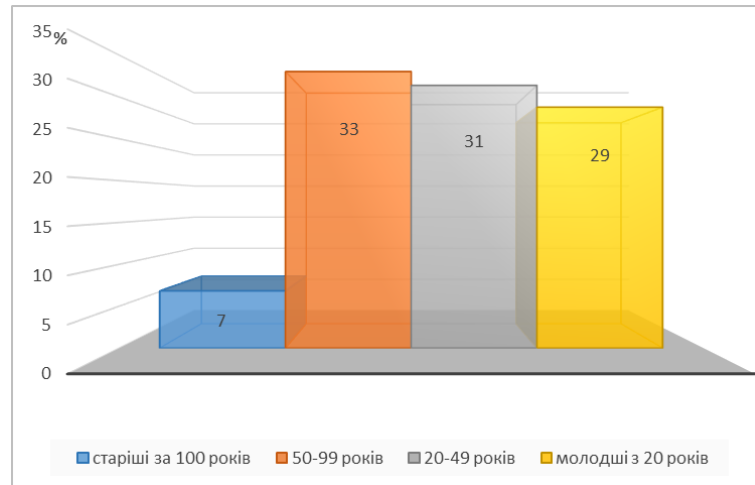


Рис. 3.3. Відсотковий розподіл складу колекції дендрарію за віковими групами.

Щодо чисельності колекційних рослин, то максимальною кількістю особин представлені такі таксони як *Taxus baccata* L. – 53 особини, *Symphoricarpos albus* (L.) Blake – 30, *Forsythia intermedia* Zab. – 13, *Juniperus sabina* L. – 13. Кількістю в 1 особину в колекції представлені 106 таксонів, 2 – 32 таксони, 3 – 12 таксонів (рис. 3.4) .

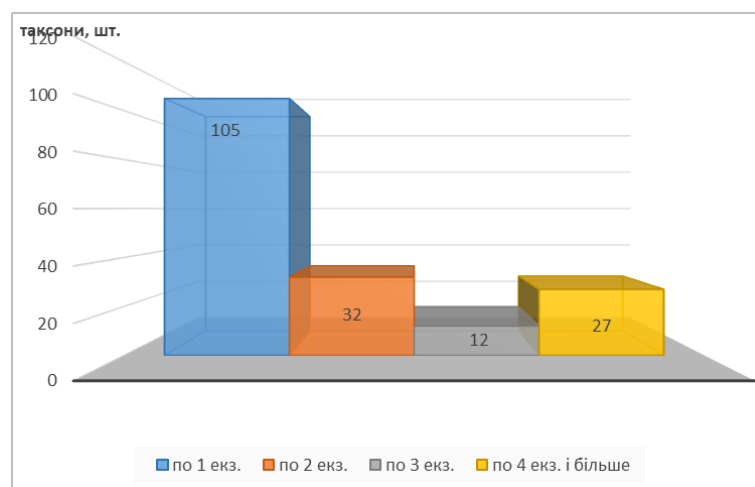


Рис. 3.4. Представництво таксонів в колекції дендрофлори.

Слід зауважити, що в колекції дендрарію наявна велика кількість (як для відносно малої території) великовікових дерев [2], стан яких на даний час можна визначити як добрий, чи задовільний (рис. 3.5.).

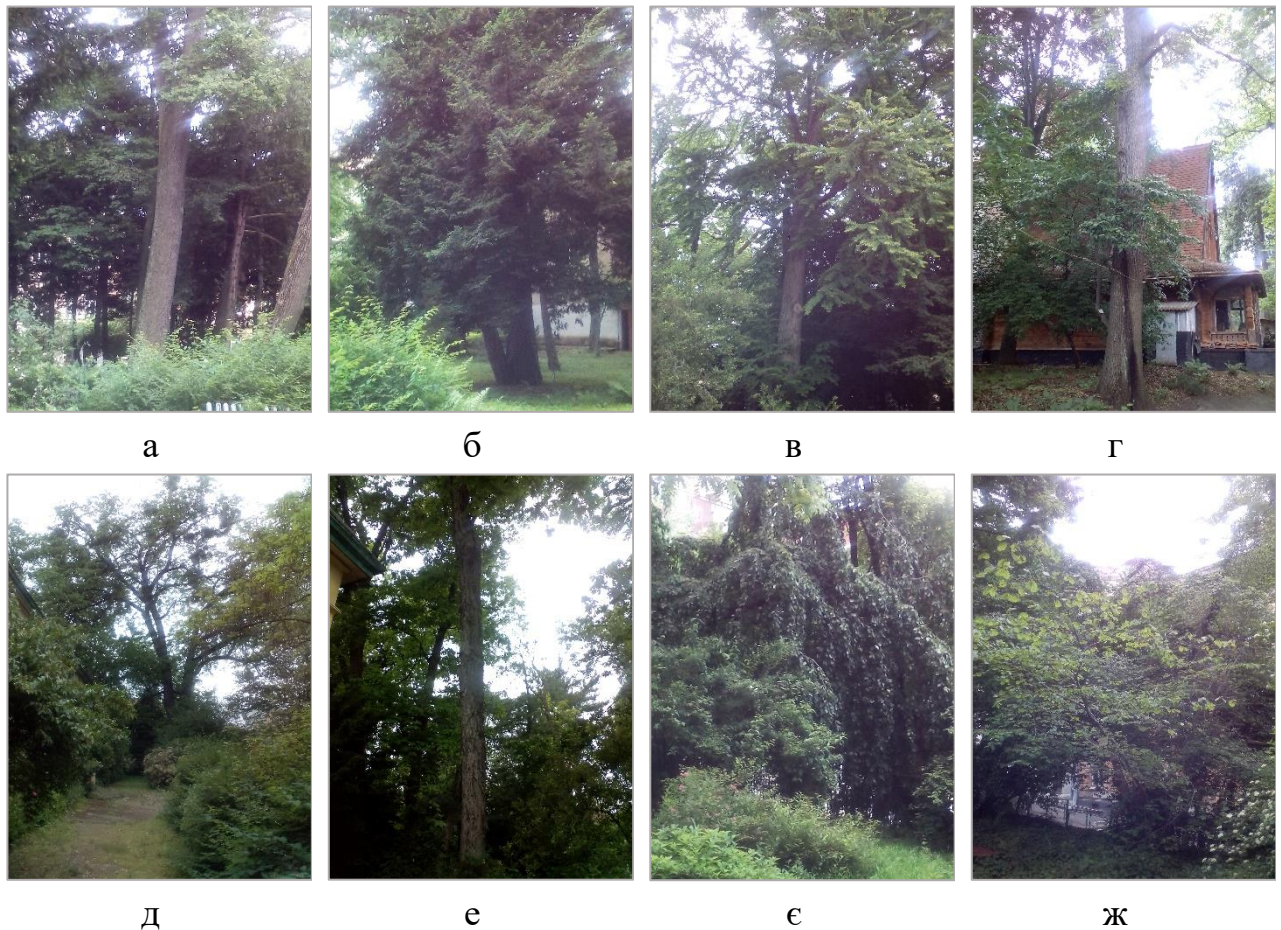


Рис. 3.5. Великовікові дерева в колекції дендрарію:

а – дуб звичайний; б – тис ягідний; в – багряник японський; г – каштан істівний; д – горіх чорний; е – карія торочкувата; є – бук лісовий ф. повисла; ж – гамамеліс віргінський



Рис. 3.6. Розрахунок екосистемних послуг великовікового дерева в дендрарії

Вони є важливими компонентами екосистеми, джерелами біорізноманіття та виконують численні екологічні функції (рис. 3.6), які впливають на стабільність середовища та збереження екологічної рівноваги. Параметри і габітус таких дерев є унікальними, зважаючи на їх ріст в урбогенних умовах (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Біометричні показники великовікових дерев колекції дендрофлори

Латинська назва таксону	Вік, років	Діаметр стовбура, см	Висота, м	Діаметр крони, м	Санітарний стан	Примітка
<i>Abies nordmanniana</i> (Stev.) Spach.	130	60,5	29,0	5,5	Д	
<i>Carya laciniosa</i> (Michx.) Loud.	135	36,3	27,5	5,4	Д	
<i>Carya laciniosa</i> (Michx.) Loud.	135	66,6	30,0	13,5	Д	
<i>Carya ovata</i> (Mill.) K. Koch	135	55,4	25,0	10,0	Д	
<i>Castanea sativa</i> Mill.	130	79,3	27,5	10,1	3	морозобійна тріщина
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Sieb.et Zucc.	130	104,8	27,0	13,2	Д	
<i>Cornus mas</i> L.	105	27,0	7,5	7,3	Д	
<i>Fagus sylvatica</i> L.	110	57,6	28,0	13,3	Д	
<i>Fagus sylvatica</i> L. 'Pendula'	130	48,4	10,5	9,4	Д	
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	120	70,1	26,0	16,5	Д	
<i>Hamamelis virginiana</i> L.	140	17,5	6,5	6,0	3	гриби
<i>Juglans nigra</i> L.	135	118,3	31,0	19,0	3	омела
<i>Larix decidua</i> Mill.	130	64,3	25,0	7,4	3	обламана верхівка
<i>Larix decidua</i> Mill.	130	75,2	29,0	11,5	3	можливе всихання
<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	140	71,3	30,0	13,2	Д	
<i>Picea rubra</i> Link.	120	29,9	20,5	3,0	3	затінена
<i>Pinus strobus</i> L.	130	65,6	28,0	8,7	Д	
<i>Platanus acerifolia</i> Willd.	130	92,8	34,0	9,2	Д	
<i>Quercus cerris</i> L.	140	94,6	30,0	13,6	Д	
<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	140	63,7	25,0	11,5	Д	
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	140	63,7	24,0	13,8	Д	вигнутий
<i>Quercus robur</i> L.	150	91,7	26,0	17,9	Д	
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz.	120	58,2	20,0	12,1	3	обламана скелетна гілка
<i>Taxus baccata</i> L.	140	34,4	19,0	6,7	3	тріщина, механічні пошкодження
<i>Taxus baccata</i> L.	110	23,2	18,0	7,0	Д	трійчатка
<i>Taxus baccata</i> L.	140	47,8	16,0	11,6	Д	два стовбури
<i>Thuja plicata</i> D. Don	110	64,3	23,0	5,5	Д	
<i>Tilia europaea</i> L.	120	96,5	26,0	14,0	3	формована, омела
<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carr.	120	47,8	23,0	9,5	3	сильно похилена

Такі дерева є ефективними поглиначами вуглекислого газу (CO₂), відіграючи ключову роль у зменшенні наслідків глобального потепління. Вони забезпечують проживання багатьох видів тварин, птахів, комах, грибів та мікроорганізмів.

3.3. Екологічні особливості аборигенних та інтродукованих видів і їхня стійкість до кліматичних змін

Зміни меж зон зимостійкості відкривають нові можливості для інтродукції теплолюбних видів, зокрема в умовах ботанічних садів. Однак нестабільність клімату й екстремальні погодні явища можуть створювати ризики для інтродукованих рослин, тому важливо проводити систематичний моніторинг і корегувати підходи до їхнього вибору.

Кліматичні дерева – це види, здатні пристосовуватись до змін кліматичних умов, зокрема температури, вологості, кількості опадів та екстремальних погодних явищ. Їхній стан і динаміка поширення є індикаторами змін екосистем, викликаних глобальним потеплінням. Дослідження [40] показують, що підвищення температури сприяє зміщенню ареалів теплолюбних видів у північні регіони, тоді як холодостійкі види можуть втрачати стабільність в нижніх межах свого ареалу.

Зони зимостійкості визначаються мінімальними температурами, які дерева можуть витримати без значного пошкодження. Відповідно до класифікації USDA (US Department of Agriculture), зони зимостійкості є основним інструментом для планування озеленення та визначення меж інтродукції деревних рослин.

В Україні межі зон зимостійкості поступово змінюються від 5–6 до 6–7 зони, що дозволяє успішну інтродукцію таких видів, як магнолія оберненояцеподібна (*Magnolia obovata*), катальпа бігніонієвидна (*Catalpa bignonioides*), і навіть південних субтропічних рослин, наприклад лавровишні (*Prunus laurocerasus*).

Оновлена мапа зон морозостійкості для Європи, створена Elena Wulff та Jürgen Bouillon у 2024 р. [63], базується на даних, зібраних протягом періоду 1991-2020 рр. У дослідженні було використано інформацію з 11814 метеорологічних станцій, що дозволило забезпечити високу точність і деталізацію результатів. Мапа створена за допомогою географічної інформаційної системи (ГІС), що дало змогу врахувати просторовий розподіл кліматичних умов та візуалізувати зміни меж зон морозостійкості (рис. 3.6). Результати показують зміну зон морозостійкості (1991-2020 рр. порівняно з 1951-1980 рр.) у більшості областей Європи на пів зони (+2,77°C).

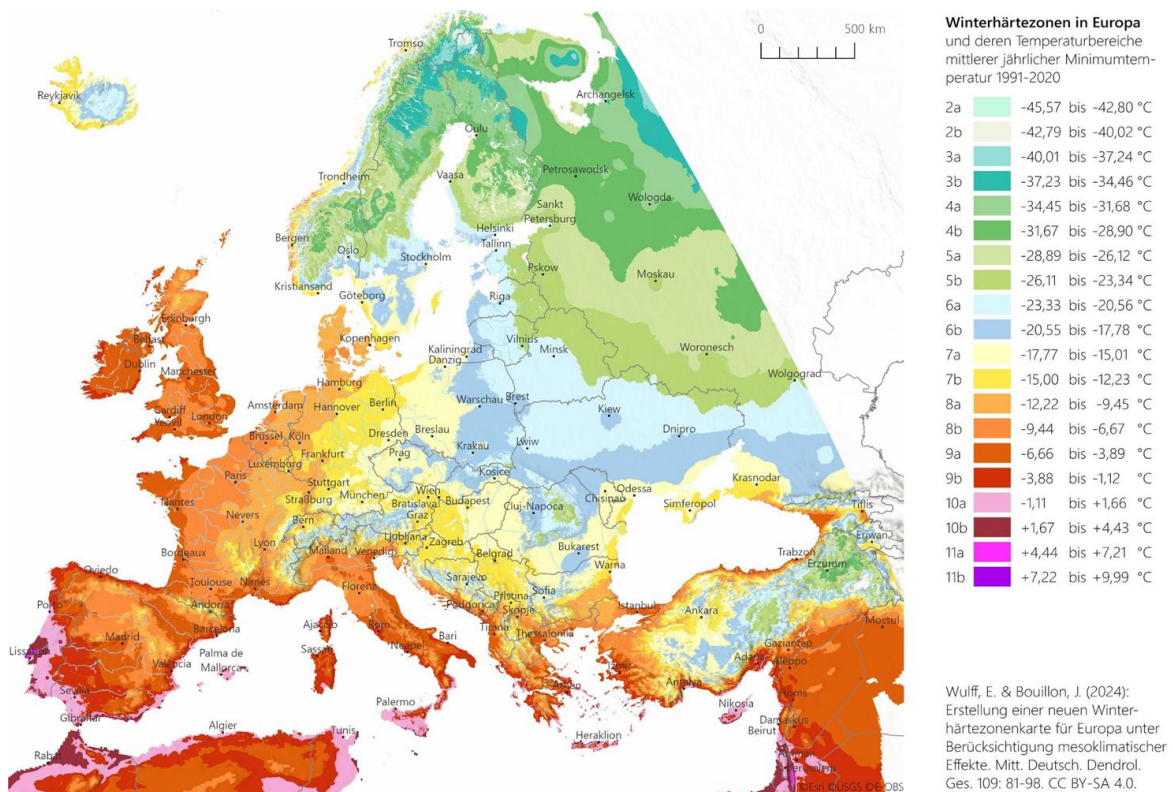


Рис. 3.6. Оновлена мапа зон морозостійкості для Європи [63].

Аборигенні та інтродуковані види дендрофлори мають певні екологічні особливості, що визначають їхню стійкість до зовнішніх чинників, зокрема кліматичних змін, забруднення повітря, ґрунтово-вологісних умов та ін. Аборигенні види, сформовані в умовах місцевої екосистеми, демонструють високу екологічну пластичність і адаптивність. Вони характеризуються високою зимостійкістю, як, наприклад, дуб звичайний (*Quercus robur*) та липа серцелиста

(*Tilia cordata*), які легко переносять суворі зими з різкими перепадами температур. Багато з них також мають добру посухостійкість завдяки розвиненій кореневій системі. Окремі аборигенні види, такі як граб звичайний (*Carpinus betulus*), показують високу газостійкість, що робить їх цінними для міського озеленення. Солестійкість у місцевих видів зазвичай низька, хоча деякі, наприклад клен польовий (*Acer campestre*), можуть переносити помірно засолені ґрунти.

Інтродуковані види мають вищу різноманітність екологічних характеристик, зумовлених їхнім походженням із різних кліматичних зон. Види з помірних регіонів, такі як гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba*) або магнолія оберненояйцеподібна (*Magnolia obovata*), демонструють добру морозостійкість, хоча поступаються в цьому аборигенним видам. Посухостійкість інтродуцентів залежить від середовища їхнього природного зростання. Наприклад, софора (стифнолобіум) японська має високу посухостійкість, тоді як види із субтропіків вимагають регулярного зволоження. Газостійкість багатьох інтродуцентів, таких як платани чи магнолії, є достатньо високою, що робить їх перспективними для міських умов. Солестійкі види, наприклад робінія псевдоакація та гледічія триколючкова, добре ростуть на засолених ґрунтах, що є важливим для промислових зон.

З огляду на кліматичні зміни, які включають підвищення середньорічних температур, часті посухи та екстремальні погодні явища, аборигенні види демонструють кращу адаптацію до змін середовища [10]. Інтродуценти, особливо з тропічних і субтропічних регіонів, часто виявляються більш вразливими. Водночас окремі види з флори Китаю, Японії та Північної Америки демонструють високу адаптивність до нових умов, що робить їх перспективними для поповнення колекції дендрофлори.

В таблиці 3.2 наведено аналіз потенційної реакції дерев на такі чинники довкілля, як зимостійкість, засухостійкість, солестійкість, газостійкість (+ визначається як відповідність показника). Важливим є те, що вказані рослини

довгий час ростуть та спостерігаються в умовах дендрарію і, таким чином, можуть бути рекомендованими для вирощування в умовах міста.

Таблиця 3.2. Аналіз стійкості дерев до основних лімітуючих чинників в умовах міста

Вид рослин	Зимо- стійкість	Засухо- стійкість	Соле- стійкість	Газо- стійкість
1	2	3	4	5
Листопадні дерева				
Бук лісовий	+	-	-	-
В'яз шорсткий і гладкий	+	+	-	-
Гледичія триколючкова	+	+	+	+
Граб звичайний	+	-	-	+
Дуб звичайний	+	+	+	-
Верба біла	+	+	+	+
Клен польовий	+	+	+	+
Липи (всі види, крім л. американської)	+	+	-	+
Магнолія Кобус	+	-	-	+
Робінія псевдоакація	+	+	+	+
Берека лікарська	+	+	+	+
Софора (стифнолобіум)	+	+	+	+
Платан кленолистий	+	+	-	+
Ясен звичайний	+	+	-	+
Листопадні кущі				
Барбарис звичайний і б. Тунберга	+	+	+	+
Вейгела гібридна	+	+	-	+
Дейція шорстка	+	+	-	+
Дерен червоний	+	+	-	+
Жимолості (майже всі види)	+	+	-	+
Калина звичайна	+	+	-	+
Аморфа кущова	+	+	+	+
Кизильники (майже всі види)	+	+	+	+
Пухироплідник калинолистий	+	+	-	+
Бузок угорський, б. звичайний	+	+	+	+

Продовження табл. 3.2.

1	2	3	4	5
Шипшини (майже всі види)	+	+	+	+
Скумпія шкіряста	+	+	+	+
Спіреї (Бумальда, Ван-Гутта, японська, ніппонська, середня)	+	+	+	+
Форзиції (майже всі види)	+	+	-	+
Хеномелес японський	+	+	+	+
Садовий жасмин звичайний і с.ж. Лемуана	+	+	+	+
Бересклети (майже всі види)	+	+	-	+
Бирючина	+	+	-	-
Піраканта	+	+	-	-
Ліани				
Партеноцисус п'ятилисточковий і п. тригострокінцевий	+	+	-	+
Хвойні дерева і кущі				
Біота східна	+	-	+	+
Ялина канадська	+	+	+	+
Ялина колюча	+	+	+	+
Модрина сибірська	+	+	-	+
Ялівці (козацький, китайський, середній)	+	+	+	+

3.4. Взаємодія аборигенних та інтродукованих видів у ботанічному саду, ознаки інвазійності

У ботанічному саду співіснування аборигенних та інтродукованих видів створює унікальну можливість для дослідження їхньої взаємодії, конкуренції та впливу на формування рослинних угруповань. Аборигенні види, пристосовані до місцевих екологічних умов, часто слугують стабілізуючим фактором у рослинному співтоваристві, забезпечуючи природний баланс. Інтродуковані види, завезені з інших регіонів, можуть збагачувати флористичне різноманіття, але в окремих випадках проявляти ознаки інвазійності, пригнічуючи місцеву флору.

Ознаки інвазійності інтродукованих видів:

Швидкий ріст і висока продуктивність – наприклад, брусонетія паперова (*Broussonetia papyrifera*) та лапина крилоплода (*Pterocarya fraxinifolia*) активно розмножуються кореневими відприсками та за короткий час можуть створювати монокуртини.

Висока насіннева продуктивність – катальпа гібридна (*Catalpa × hybrida*) активно розмножується насінням, яке має високу схожість. Такі ж самі ознаки в дендрарії проявляють каркас західний (*Celtis occidentalis*) та горіх чорний (*Juglans nigra*). Горіх чорний також виділяє речовини, такі як юглон, що токсично діють на інші рослини, ускладнюючи їхнє зростання поблизу (алелопатія).

Інтродуценти здатні займати домінуючі позиції завдяки швидкому зростанню, адаптивності та здатності утворювати густий покрив, що затінює нижчі рослини.

Варто згадати, що на території дендрарію періодично з'являються паростки рейнутрії японської (*Reynoutria japonica*), яка не є колекційною рослиною та відома своєю інвазійною поведінкою. Цей вид здатний утворювати щільні зарості, витісняючи місцеві види та змінюючи структуру екосистеми. Рейнутрія японська легко відновлюється з корневих залишків, що сприяє її поширенню навіть після механічного видалення.

Для запобігання негативному впливу інвазійних видів необхідно регулярно проводити моніторинг, контролювати їх поширення та вживати заходів для підтримки біорізноманіття.

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ДЕНДРОФЛОРУ БОТАНІЧНОГО САДУ

Температурні показники та кількість опадів є одним з найважливіших кліматичних факторів, які впливають на ріст, розвиток і фенологічні ритми деревних і чагарникових видів. Зміни температури, зокрема збільшення середньорічних температур та частота екстремальних температурних явищ, можуть суттєво змінити сезонні цикли рослин, впливати на їхню здатність до адаптації і навіть сприяти зменшенню біорізноманіття у випадку недостатньої стійкості до таких змін [3, 6].

4.1. Оцінка впливу температурних показників та опадів на ріст і розвиток рослин

Екстремальні температурні зміни, такі як різкі похолодання або аномальна спека, чинять значний стресовий вплив на рослини. Тривалі періоди спеки можуть призводити до зниження активності фотосинтезу через надмірне випаровування води і втрату вологи.

Підвищення температури часто викликає більш раннє пробудження рослин після зимового періоду і стрімкий початок вегетації, що в свою чергу може підвищити ризик пошкодження від пізніх весняних заморозків [3].

Температурні зміни можуть впливати на тривалість вегетаційного періоду у деревних та чагарникових видів [7]. У деяких видів спостерігається тенденція до подовження вегетаційного періоду через ранній початок і пізніше завершення циклу. У рослин з коротким циклом вегетації, це призводить до стресу, виснаження та зменшення загального життєвого циклу.

Вплив коливання температур на цвітіння і плодоношення рослин наступний: більш раннє, але коротше цвітіння може вплинути на успішність запилення. Під впливом високих температур якість насіння може погіршуватися

через зниження вмісту поживних речовин. Це знижує здатність до проростання і наступного відновлення рослин у природних умовах.

Опади є одним із найважливіших чинників, що визначають рівень зволоження ґрунту і забезпечують водний баланс рослин, безпосередньо впливаючи на їхній ріст, розвиток і продуктивність. Достатній рівень опадів сприяє нормальному водозабезпеченню, стимулюючи розвиток кореневої системи, фотосинтез і утворення біомаси. Нестача опадів спричиняє посуху, викликаючи стрес у рослин, скорочення вегетаційного періоду та зниження врожайності.

Наші спостереження за динамікою основних метеофакторів (кількісні показники температури та опадів за період досліджень з 2016 до 2020 рр.) показують, підвищення температури атмосферного повітря і збільшення сумарної кількості опадів у порівнянні з кліматичними нормами цих показників для м. Львова. Загальна динаміка метеопоказників приведена в табл. 4.1 і табл. 4.2, детальні щоденні метеопоказники приведені в додатку 2.

Таблиця 4.1. Середньорічні температури атмосферного повітря та сумарні кількості опадів за період 2016-2020 рр. (для м.Львова)

Показники	Роки					За весь період
	2016	2017	2018	2019	2020	
Температура, °С	8,9	8,6	9,2	9,9	9,6	9,2
Опади, мм	866	759	809	700	700	782

Таким чином, для періоду 2016-2020 рр. середньорічна температура атмосферного повітря становила +9,2°С, а сумарна кількість опадів – 782 мм. Простежується стійка тенденція до зростання температури повітря. Для опадів цей тренд є менш вираженим, проте навіть у цьому випадку може виникнути їх дефіцит у зв'язку з підвищеним випаровуванням [8]. За таких умов у більшості рослин відбувається збій феноритмів, скорочується період вегетації та значно погіршуються вегетаційні та генеративні процеси. Найбільш критичними є кліматичні особливості 2019 та 2020 рр., коли спостерігались одночасно і позитивні аномалії температури і від'ємні аномалії опадів.

Таблиця 4.2. Середньомісячні показники температури атмосферного повітря та опадів за період 2016-2020 рр. (для м.Львова).

Показники	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	-2,7	0,4	3,7	10,1	13,8	18,9	18,8	19,5	14,7	9,4	3,7	0,6
Опади, мм	40	51	36	37	97	96	80	59	81	77	53	75

Як видно з таблиці 4.2, найхолоднішим місяцем в році за період досліджень 2016-2020 рр. був січень (середньомісячна температура атмосферного повітря - 2,7°С), найтеплішим – серпень (+19,5°С). Максимальна кількість опадів спостерігалась у травні (97 мм) і червні (96 мм), мінімальна – у березні (36 мм) і квітні (37 мм). Проте впродовж вказаного 5-річного періоду проявлялась певна мінливість річного ходу метеофакторів, на що вказує графічний розподіл середньомісячних температур та накопичення опадів, представлений на рисунку 4.1.

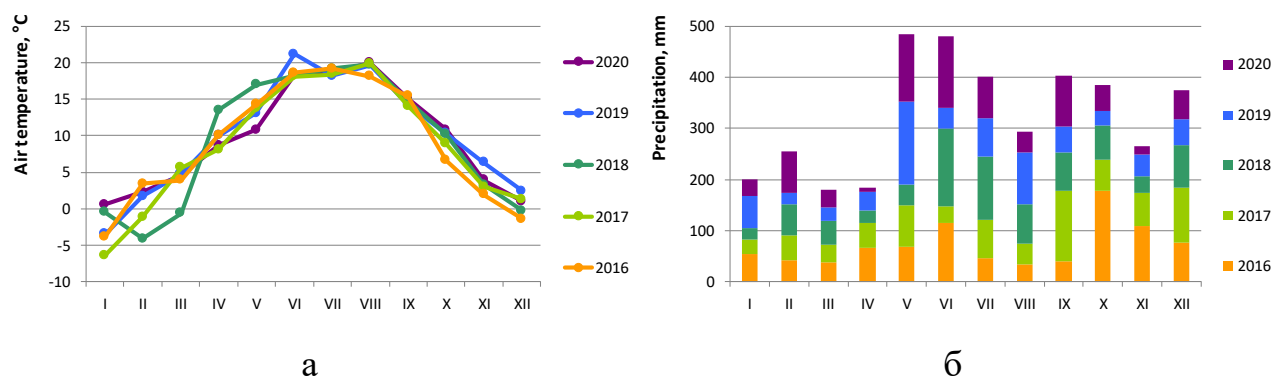
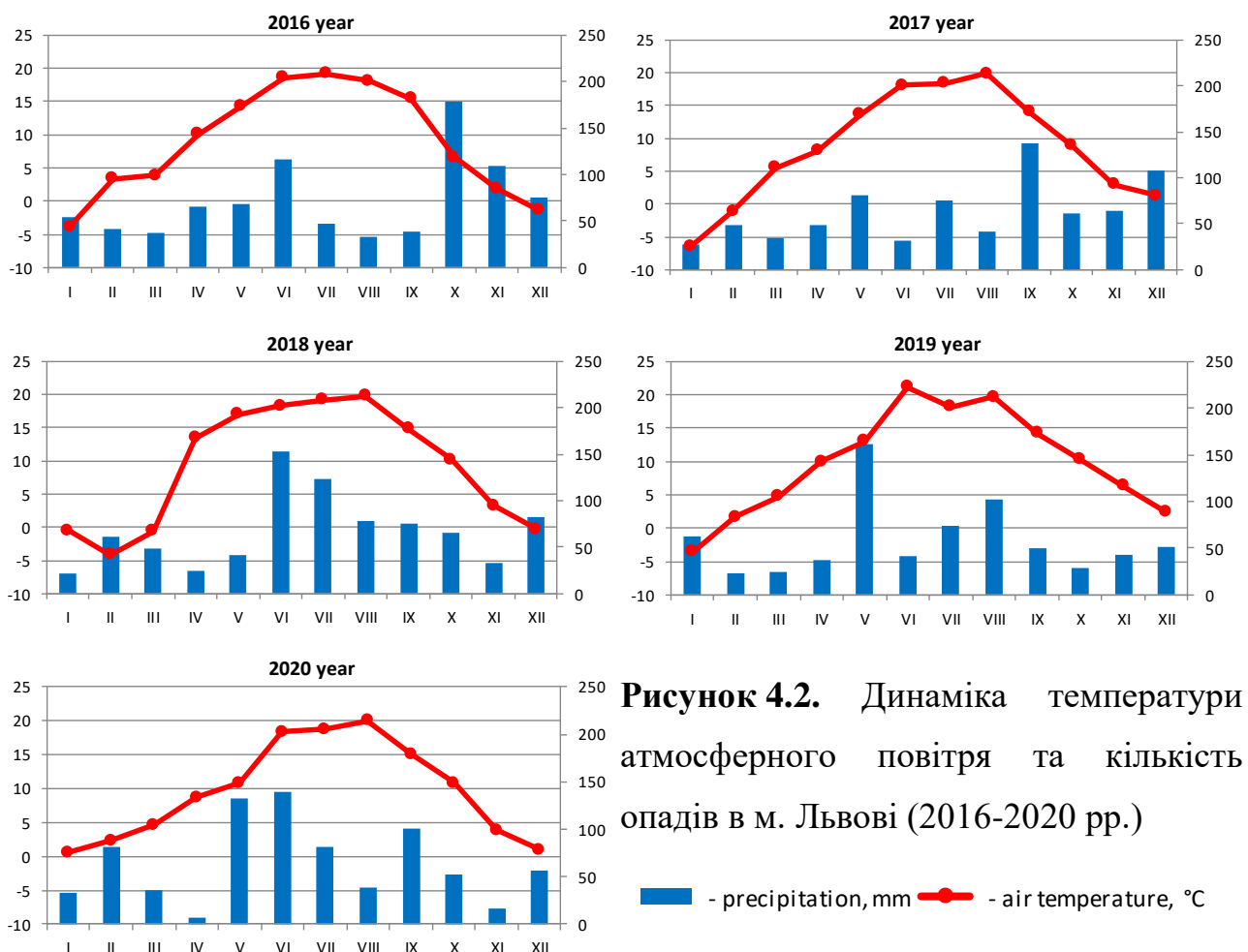


Рисунок 4.1. Середньомісячні показники температури атмосферного повітря (а) та кількості опадів (б) за період з 2016 до 2020 рр. (для м.Львова).

Як видно з графіка температур, найбільш нестабільним у цьому відношенні є зимова-весняний період. В різні роки впродовж лютого і березня були зафіксовані як додатні, так і від'ємні середньомісячні температури, що призводило до значних відмінностей у феноритміці рослин. Для наступного календарного періоду (квітень-травень) показники температури були відносно

сталими, за винятком 2018 р., коли спостерігались температурні аномалії впродовж усього весняного періоду. Середньомісячні температури червня за досліджуваний період особливо не відрізнялися, за винятком екстремально високих температур у 2019 р. Високі температури впродовж липня і серпня хоч були лімітуючими для морфогенезу рослин, проте їх хід був досить стабільним. У вересні значних температурних відхилень також не спостерігали. Наступний календарний період виявився більш мінливим, що спричиняло певні зміни у тривалості вегетації рослин.

Важливим фактором у сезонному розвитку рослин є опади. Впродовж року кількість опадів не є рівномірною. За весь період найбільш нестабільними щодо опадів були календарні періоди травня (41 мм – 2018 р., 161 мм – 2019 р.), червня (31 мм – 2017 р., 153 мм – 2018 р.) і жовтня (29 мм – 2019 р., 178 мм – 2016 р.), натомість у березні коливання були найменшими (25-48 мм). Дані щодо режимів тепла і вологи для кожного року досліджуваного періоду приведено на рисунку 4.2.



Як видно з наведених діаграм, у 2016, 2019 та 2020 рр. раннє потепління відбулося вже впродовж лютого, що пришвидшило початок вегетації рослин багатьох ранньовегетуючих видів. Натомість у 2018 р. від'ємні температури були відмічені ще в березні і вегетація переважної більшості рослин почалася з різним ступенем запізнення. Аналогічні зміни відбулися і у феноритміці цвітіння. Впродовж квітня-травня метеорологічні умови вирівнюються і стають досить стабільними, проте у 2018 р. в цей період були зафіксовані нетипово високі температури атмосферного повітря (в середньому $+13,5^{\circ}\text{C}$ у квітні та $+17,0^{\circ}\text{C}$ у травні), що призвело до пришвидшеного завершення цвітіння та загалом до скорочення періоду цвітіння рослин більшості видів. Слід відмітити залежність тривалості цвітіння від різких змін метеофакторів. Так, наприклад, у 2019 р. відносно прохолодний травень ($+13,1^{\circ}\text{C}$) сповільнив початок цвітіння більшості середньоквітучих рослин, а аномально спекотний червень ($+21,2^{\circ}\text{C}$) призвів до скорочення тривалості цього фенолагу. Подібна, проте менш виражена реакція рослин спостерігалась у 2020 р. Екстремальні температури атмосферного повітря призводять не лише до збою феноритміки, а й пошкодження самих рослин – опіків фотосинтезуючих листкових пластинок та передчасної часткової дефоліації рослин.

Також суттєвим є вплив режиму тепла на хід осінніх фаз розвитку рослин. Відносно високі температурні показники вересня (переважно близько $+14\dots+15^{\circ}\text{C}$) стимулювали продовження вегетації рослин та збільшення тривалості лагу осіннього забарвлення листя. Високі середньодобові температури жовтня ($+6,6\dots+10,8^{\circ}\text{C}$) і листопада ($+1,9\dots+6,3^{\circ}\text{C}$) також в тій чи іншій мірі пролонгували ростові процеси рослин групи середнього і пізнього завершення вегетації. За період спостережень у грудні температура атмосферного повітря коливалась в межах від $-1,4\dots+2,4^{\circ}\text{C}$. У зв'язку з цим фізіологічні процеси окремих пізньовегетуючих видів продовжувались, а період спокою розпочинався із значною затримкою.

Щодо атмосферних опадів, то для стабільної феноритміки рослин значення має як загальна зволоженість впродовж року, так і рівномірність їх випадання. Особливо вплив опадів на сезонний розвиток дендрофлори проявляється у

комплексі з температурним режимом. Загалом, у різні роки спостережень режим опадів був як умовно рівномірним (2017), так і виражено стрибкоподібним (2020).

4.2. Динаміка феноритмів деревних рослин у відповідь на кліматичні зміни

Кліматичні зміни значно впливають на феноритми деревних рослин, викликаючи зміни в їхньому сезонному розвитку, що часто проявляється у зсуві або спотворенні традиційних фаз росту та розвитку [7, 8]. Зміни температурного режиму та режиму опадів призводять до раннього або запізненого настання ключових фенологічних фаз, таких як розпускання бруньок, цвітіння, утворення плодів чи листопад. Зростання температур разом із нерівномірним розподілом опадів впливає на водний баланс дерев, що, у свою чергу, може зменшувати продуктивність фотосинтезу і гальмувати ріст. Спостерігається подовження вегетаційного періоду через зростання середньорічних температур. Це може збільшувати накопичення біомаси, але одночасно зростає і витрата ресурсів, що може послабити дерева у довгостроковій перспективі.

Деякі деревні види демонструють здатність адаптувати свої феноритми до нових кліматичних умов, змінюючи тривалість або інтенсивність певних фаз розвитку. Проте такі адаптації не завжди здатні компенсувати швидкість змін клімату, особливо для видів з повільним циклом розвитку.

4.2.1. Сезонні ритми розвитку дерев і кущів під впливом метеофакторів. Впродовж 2016-2020 рр. досліджено такі фенологічних періодів, як вегетація та цвітіння, повноцінне проходження яких є основною ознакою адаптації інтродукованих видів. Також враховано роль метеофакторів, які мають суттєвий вплив на морфогенез вегетативних і генеративних органів [6, 7, 8]. Початком вегетації для досліджуваних таксонів прийнято дату настання фенофази набубнявіння вегетативних бруньок (Пб1), кінець визначався за настанням фенофази завершення осінньої зміни забарвлення листя (5Л3). Для визначення фенoperіоду цвітіння використовували дати початку (Ц⁴) та завершення (5Ц⁵) цвітіння.

Феноритми 2016 р. З перших чисел лютого спостерігались досить високі температури атмосферного повітря (-2...+6°C вночі та +1...+14°C вдень), що посприяло аномально швидкому початку вегетації багатьох рослин. Фенофаза набубнявіння вегетативних бруньок у рослин з раннім початком вегетації була відмічена вже в першій декаді місяця – *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl., *Kerria japonica* (L.) DC., *Rosa pendulina* L. почали вегетувати на 25-30 діб раніше. Також вже в I-II декаді лютого зафіксована фенофаза набубнявіння бруньок в рослин середнього початку вегетації – *Syringa vulgaris* L., *Philadelphus coronarius* L., *Syringa josikaea* Jacq. f., *Berberis thunbergii* DC. 'Minor', *Deutzia scabra* Thunb. 'Candidissima'. Інші середньовегетуючі рослини, наприклад *Hydrangea bretschneideri* Dipp., *Symphoricarpos albus* (L.) Blake, *Kolkwitzia amabilis* Graebn., *Acanthopanax sieboldianus* Makino, *Prunus serrulata* Lindl., *Euonymus alata* (Thunb.) Sieb., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. почали вегетацію в кінці лютого – на початку березня, що також не є характерним для даних видів. Пізньовегетуючі рослини *Acer mandshuricum* Maxim., *Weigela florida* (Bge.) A. DC., *Magnolia kobus* DC., *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Zanthoxylum americanum* Mill., *Phellodendron amurense* Rupr., *Gleditsia triacanthos* L., *Ptelea trifoliata* L., *Catalpa bignonioides* Walt. також почали вегетацію раніше, але з порівняно меншим випередженням фенодат.

Період завершення вегетації рослин також проходив з певними особливостями. Фенофаза зміни кольору листя для деяких рослин настала вже в першій декаді вересня. Такі рослини, як *Philadelphus coronarius* L., *Tilia cordata* Mill., *Lonicera xylosteum* L., *Hamamelis virginiana* L., *Berberis thunbergii* DC. 'Minor', *Tilia platyphyllos* Scop., *Catalpa bignonioides* Walt., *Laburnum anagyroides* Medic., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Phellodendron amurense* Rupr. вступили в цю фазу з випередженням середньостатистичних фенодат на 10-21 добу. Після короткочасного потепління настав черговий етап зниження атмосферних температур повітря і рослини, які почали змінювати колір листя в цей період (*Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch, *Zanthoxylum americanum* Mill., *Prunus serrulata* Lindl., *Quercus acutissima* Carruth., *Magnolia kobus* DC., *Crataegus monogyna* Jacq., *Fagus sylvatica* L. 'Laciniata', *Celtis occidentalis* L., *Stephanandra*

inciza (Thunb.) Zabel, *Acer campestre* L., *Fagus sylvatica* L. 'Rotundifolia', *Kolkwitzia amabilis* Graebn., *Deutzia scabra* Thunb. 'Candidissima'), завершили вегетацію з певним запізненням.

Веgetаційні процеси представників родів *Fagus* L., *Quercus* L. а також *Ptelea trifoliata* L., *Lonicera coerulea* L., *Forsythia intermedia* Zab. також проходили досить стабільно .

Фази цвітіння у ранньоквітучих видів були також пришвидшеними на 5-12 діб, *Taxus baccata* L – на 19-26 діб. Середньоквітучі рослини розпочали цвітіння переважно зі значним випередженням – *Aesculus hybrida* DC., *Prunus serrulata* Lindl., *Viburnum lantana* L., *Zanthoxylum americanum* Mill., *Euonymus alata* (Thunb.) Sieb.). Загалом феноперіод цвітіння у рослин групи середньоквітучих становив переважно 12-26 діб. Розвиток генеративних органів у рослин, які віднесені до групи пізньоквітучих, відбувався досить стабільно

Плодоношення рослин у 2016 році було менш яскравим порівняно з іншими роками.

Слід відмітити, що періоду цвітіння *Weigela florida* (Bge.) A. DC., *Deutzia scabra* Thunb., *Aesculus hybrida* DC., *Catalpa bignonioides* Walt., *Philadelphus caucasicus* Koehne, *Philadelphus coronarius* L.. наступили з незначним відхиленням від середньостатистичних дат – лише до 3 діб, тобто їх цвітіння відбувається практично в один і той самий час.

Феноритми 2017 р. У ранньовеgetуючих видів (*Ribes sanguineum* Pursh, *Lonicera tatarica* L., *Kerria japonica* (L.) DC., *Salix alba* L. 'Vittelina Pendula') фенофаза набубнявіння вегетативних бруньок вже в третій декаді лютого – на початку березня. Також у деяких ранньовеgetуючих рослин (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl., *Philadelphus hirsutus* Nutt., *Crataegus monogyna* Jacq.) спостерігалось незначне сповільнення настання фенофази набубнявіння вегетативних бруньок на 2-8 діб, що було спричинено чергуванням періодів відлиг і похолодань, які і сповільнили веgetаційні процеси рослин. Початок веgetації більшості рослин групи середньовеgetуючих відбувся в другій половині березня, коли денні температури повітря сягали +7...+19°C. Відхилення фенодат від усереднених становило 2-19 діб. Набрякання вегетативних бруньок

більшості пізньовеgetуючих рослин відбулося впродовж квітня, за винятком *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Pinus cembra* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh. та *Ginkgo biloba* L., які розпочали вегетацію в останніх числах березня. Випередження середньостатистичних фенодат фази набування бруньок у *Fagus sylvatica* L. 'Rotundifolia', *Fagus sylvatica* L. 'Purpurea', *Fraxinus excelsior* 'Monophylla', *Tsuga canadensis* (L.) Carr., *Quercus acutissima* Carruth., *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott становило 3-9 діб, *Phellodendron amurense* Rupr., *Gleditsia triacanthos* L., *Ginkgo biloba* L., *Castanea sativa* Mill., *Hibiscus syriacus* L. – 11-15 діб, *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Pinus cembra* L., *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch – до 24 діб. Проте в рослин таких видів, як *Ptelea trifoliata* L., *Laurocerasus officinalis* Roem., *Amorpha fruticosa* L., *Catalpa bignonioides* Walt. зафіксовано відставання початку вегетації на 1-8 діб, що є наслідком пізніх весняних заморозків в кінці квітня.

Період завершення вегетації рослин також проходив неоднорідно. Фенофаза зміни кольору листя для деяких рослин настала вже з початку вересня. Закінчення цієї фенофази, що, загалом, характеризує завершення вегетаційного періоду, для третини досліджуваних рослин відбулося з певним випередженням, в середньому на 4 доби (*Cornus mas* L., *Philadelphus inodorus* L., *Quercus acutissima* Carruth., *Acanthopanax sieboldianus* Makino, *Tilia cordata* Mill., *Hibiscus syriacus* L., *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc., *Tilia platyphyllos* Scop., *Philadelphus hirsutus* Nutt.). Всі інші рослини закінчили вегетувати пізніше за середньостатистичні терміни, в середньому на 9 діб (*Philadelphus coronarius* L., *Castanea sativa* Mill., *Corylus avellana* L., *Paeonia suffruticosa* Andr., *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng, *Forsythia intermedia* Zab., *Euonymus alata* (Thunb.) Sieb.). Максимальне відхилення у тривалості вегетації спостерігалось у *Viburnum lantana* L. – 26 діб.

Цвітіння ранньоквітучих рослин почалося з випередженням на 2-13 діб, відхилення фази масового цвітіння становило 4-15 діб. Основна частка рослин середньоквітучих видів (*Berberis thunbergii* DC. 'Minor', *Kerria japonica* (L.) DC., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Cotoneaster nitens* Rehd. et Wils., *Paeonia suffruticosa* Andr., *Euonymus alata* (Thunb.) Sieb., *Kolkwitzia amabilis* Graebn.,

Prunus serrulata Lindl., *Acer campestre* L., *Ostrya carpinifolia* Scop.) вступили у фазу цвітіння переважно з запізненням. Розвиток генеративних органів у рослин видів, які віднесені до групи пізньоквітучих, відбувався переважно з незначним запізненням. Фенофази їх масового цвітіння та закінчення цвітіння проходили з певним запізненням – в середньому 4 доби. Загалом, чіткої тенденції збільшення чи зменшення тривалості цвітіння рослин у 2017 році не простежувалось.

Слід відмітити, що певні колекційні рослини у 2017 році мали досить стабільне проходження фенофаз з малими відхиленнями фенодат від середньостатистичних. Зокрема, дати періоду цвітіння *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus serrulata* Lindl., *Viburnum lantana* L., *Acanthopanax sieboldianus* Makino, *Paeonia suffruticosa* Andr., *Euonymus alata* (Thunb.) Sieb., *Amorpha fruticosa* L., *Philadelphus virginialis* Rehd. – лише до 3 діб, що є характерним згідно феноспостережень останніх років. Тобто їх цвітіння відбувається практично в один і той самий час. Відхилення у довжині вегетаційного періоду особин таких видів як *Crataegus monogyna* Jacq., *Tilia platyphyllos* Scop., *Padus virginiana* L., *Quercus acutissima* Carruth., *Acanthopanax sieboldianus* Makino, *Fraxinus excelsior* 'Monophylla', *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc., *Crataegus coccinoides* Ashe., *Zanthoxylum americanum* Mill., *Tilia europaea* L., *Philadelphus caucasicus* Koehne, *Philadelphus inodorus* L. не перевищували 5 діб. Їх вегетаційні процеси проходять досить стабільно і мало залежать від різких змін погодних умов.

Феноритми 2018 р. У зв'язку з різким потеплінням (до +9°C) з 5.03.2018 р. у деяких ранньовегетуючих рослин фаза початку набубнявіння бруньок була зафіксована на 6-15 дід швидше порівняно з минулими роками: *Kerria japonica* (L.) DC., *Sambucus nigra* L., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl., *Lonicera caerulea* L., *Salix alba* L. При цьому у даних рослин період до фенофази розпускання бруньок був аномально довгим – 28-32 доби замість звичлих 3-5 діб. Пояснюється це різким зниженням температури з 7.03.2018 р. Цей фактор також спричинив затримку набрякання бруньок у ряду рослин середнього початку вегетації: *Cerasus serrulata* Don., *Weigela florida* (Bge.) A. DC., *Kolkwitzia amabilis* Laxm., *Taxus baccata* L., *Acer mandshuricum* Maxim., *Hydrangea bretschneideri* Dipp., *Symphoricarpus albus* Blake. Період до розпускання бруньок скоротився

вдвічі. Види пізнього і дуже пізнього початку вегетації – види родів *Fagus* L. і *Quercus* L., *Phellodendron amurense* Rupr., *Magnolia kobus* DC., *Gymnocladus dioicus* (L.) C.Koch, *Cornus mas* L., *Forsythia x intermedia* Zabel, *Gleditsia triacanthos* L., *Celtis occidentalis* L., *Ptelea trifoliata* L., *Hibiscus syriacus* L., *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc. мали стабільний початок періоду вегетації.

Значних відмінностей у початку розвитку генеративних бруньок не спостерігалось, за винятком *Cornus mas* L., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. (швидше на 10-15 днів), та *Forsythia x intermedia* Zabel, *Paeonia suffruticosa* Andr. (пізніше на 15-20 днів), що очевидно зумовлено вище згаданою погодною аномалією в березні, на період якої припала фенофаза Ц1. Також досить прохолодний весняний період призвів до незначної затримки (менше 10 днів) цвітіння ряду ранньо- та середньоквітучих видів – *Magnolia kobus* DC., *Crataegus coccinea* L., *Cerasus serrulata* Don., *Phellodendron amurense* Rupr. та ін. При цьому тривалість цвітіння скоротилася на 5-10 днів. Пізньоквітучі види *Deutzia scabra* Thunb., *Castanea sativa* Mill., *Catalpa bignonioides* Walt., *Sophora japonica* L., *Syringa josikaea* Jacq., *Hibiscus syriacus* L. цвіли досить стабільно, проте жаркий літній період негативно відобразився на плодоношенні деяких з них – *Syringa josikaea* Jacq. плодів не зав'язав, а в *Castanea sativa* Mill. кількість повнонасінних плодів була меншою порівняно з іншими роками.

Завершення вегетаційного періоду більшості рослин відбулося на 10-15 (часом до 20) днів раніше ніж у попередні роки. Фенофаза зміни кольору листя для таких рослин, як *Paeonia suffruticosa* Andr., *Hibiscus syriacus* L., *Kerria japonica* (L.) DC., *Kolkwitzia amabilis* Laxm., *Weigela florida* (Bge.) A. DC., *Acer mandshuricum* Maxim. почалася на 5-10 днів раніше, при цьому також скоротилась тривалість фенофази. Це стало наслідком швидкого зниження температурних показників в період ранньої осені, так як для більшості вказаних рослин характерний тривалий період вегетації. Фенофаза опадання листя для більшості досліджуваних рослин настала з випередженням середньостатистичної фенодати, за винятком рослин з дуже пізнім опаданням листя (I-II декади листопада) – *Kolkwitzia amabilis* Laxm., *Weigela florida* (Bge.)

A., *Deutzia scabra* Thunb., *Lonicera xylosteum* L., *Stephanandra inciza* (Thunb.) Zabel. Очевидно в цьому випадку спостерігається вплив підвищених температур пізньоосіннього періоду.

Феноритми 2019 р. Впродовж зимового періоду 2019 року середньодобові температури атмосферного повітря не опускались нижче межі -9°C (11.01), а мінімальні нічні – до -16°C (07.01). В другій декаді лютого спостерігалось підвищення середньодобової температури атмосферного повітря: від 0°C до $+5^{\circ}\text{C}$ ($-3...0^{\circ}\text{C}$ вночі та $+2...+12^{\circ}\text{C}$ вдень). Це спричинило початок вегетації значної частини рослин феногруп дуже раннього і раннього початку вегетації вже в третій декаді лютого.

Стрибкоподібні коливання температурних показників впродовж лютого-березня стали причиною значних відхилень початку вегетації рослин, які належать до обох вказаних феногруп. Значна частини феногрупи дуже раннього початку вегетації почала вегетацію пізніше за середньостатистичні фенодати. У феногрупі раннього початку вегетації такі відхилення були зафіксовані тільки в окремих рослин (*Prunus serrulata* Lindl., *Swida alba* L., *Philadelphus virginialis* Rehd., *Lonicera xylosteum* L.). Щодо феногрупи рослин середнього початку вегетації, то настання фенофази набубнявіння вегетативних бруньок було лімітоване різкими короткочасними підвищеннями денних температур. Найбільші відхилення з випередженням середньостатистичних фенодат спостерігались у *Symphoricarpos orbiculatus* Moench і *Ostrya carpinifolia* Scop. Рослини феногрупи пізнього і дуже пізнього початку вегетації, які в колекції дендрарію представлені найменшою кількістю таксонів, розпочали вегетацію переважно із запізненням.

Слід зазначити, що рослини окремих видів, такі як *Acanthopanax sieboldianus* Makino, *Tilia cordata* Mill., *Quercus acutissima* Carruth., *Amorpha fruticosa* L. розпочали вегетацію вчасно.

Закінчення періоду вегетації для більшості видів відбулося з певним запізненням, що є характерним для теплого і бездощового осіннього періоду. Проте, осіннє забарвлення листя рослин феногрупи дуже раннього завершення вегетації спостерігалось переважно раніше. Рослини феногрупи раннього

завершення вегетації вступили у вказану фенофазу пізніше. Екстремально великі відхилення виявлені лише у *Lonicera xylosteum* L., яка закінчила вегетацію пізніше на 21 добу, і у *Padus virginiana* L. – раніше на 19 діб. Серед рослин групи середнього завершення вегетації в осінній період 2019 року спостерігались найбільші відхилення фенодат. В усіх рослин за винятком *Castanea sativa* Mill. відхилення виявились більшими за 4 доби. При цьому додатні відхилення виявлені в рослин, які завершили вегетацію в другій половині жовтня, а від’ємні – в першій половині листопада, коли аномально високі температури атмосферного повітря спровокували значну тривалість фази пожовтіння листя. Для більшості рослин феногрупи пізнього і дуже пізнього завершення вегетації властивим було запізнення в завершенні вегетаційного періоду, за винятком окремих рослин, які закінчили вегетацію раніше – *Berberis ottawensis* var. *purpurea* Schneid., *Ptelea trifoliata* L., *Philadelphus virginalis* Rehd. та *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.

Рослини таких видів, як *Laburnum anagyroides* Medic., *Eucommia ulmoides* Oliv., *Kerria japonica* (L.) DC., *Spiraea japonica* L. 'Little Princess', *Cotinus coggygria* Scop. закінчили вегетацію вчасно.

Щодо особливостей феноперіоду цвітіння, то його початок у рослин феногрупи дуже раннього початку цвітіння відбувся як з випередженням (*Cornus mas* L., *Cornus mas* L. 'Albocarpa'), так і з запізненням (*Corylus avellana* L., *Taxus baccata* L.) середньостатистичних фенодат. Рослин раннього початку цвітіння почали квітнути пізніше. Найбільше відхилення виявилось у рослини виду *Ribes sanguineum* Pursh – 16 діб. Особливістю початку періоду цвітіння середньоквітучих рослин стали значні відхилення (до 12 діб) фенодат. Таку неоднорідність проходження фенофази спричинили особливі метеоумови кінця квітня і впродовж травня, коли спостерігалось періодичне короткочасне зниження температур атмосферного повітря та випадання дощів. Більшість рослин феногрупи пізнього початку цвітіння почали квітнути пізніше.

В середньостатистичні терміни (без відхилення) почали цвітіння рослини таких видів, як *Kerria japonica* (L.) DC., *Padus virginiana* L., *Magnolia kobus* DC., *Prunus serrulata* Lindl., *Cotoneaster nitens* Rehd. et Wils., *Tilia europaea* L..

Завершення феноперіоду цвітіння рослин у 2019 році також мало свої особливості. Рослини феногруп дуже раннього та раннього завершення цвітіння відцвіли переважно з запізненням. Лише *Zanthoxylum americanum* Mill., *Ostrya carpinifolia* Scop. та *Rhododendron sichotense* Pojark. відцвіли раніше на 2-7 діб. Такі ж тенденції в завершенні цвітіння притаманні і для рослин феногрупи середнього завершення цвітіння. Очевидно, що таке запізнile завершення цвітіння рослин вказаних феногруп є наслідком пізнього початку їх цвітіння. Рослини феногрупи пізнього завершення цвітіння мали як додатні, так і від'ємні відхилення різної тривалості.

Без відхилень завершили цвітіння *Cornus mas* L. 'Albocarpa', *Quercus acutissima* Carruth., *Padus virginiana* L., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl., *Philadelphus coronarius* L.

Феноритми 2020 р. Вегетація рослин почалась ще в першій декаді лютого. Це, очевидно, було спричинене високими температурними показниками вказаного календарного періоду (середньодобові +2...+8°C, денні до +10°C). Першими розпочали вегетацію *Ulmus glabra* Huds., *Lonicera tatarica* L., *Rosa multiflora* Thunb. Порівняно пізно почали вегетацію лише *Cotoneaster integerrimus* Medicus та *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. У групі рослин раннього початку вегетації найбільш раннє набубнявіння вегетативних бруньок спостерігали у *Philadelphus coronarius* L. 'Nana', у інших ранньовегетуючих рослин – переважно вже в першій половині березня. Рослини середнього початку вегетації вступили у фазу набубнявіння бруньок найбільш неоднорідно і розтягнуто у часі. Окремі рослини, такі як *Ostrya carpinifolia* Scop., *Viburnum lantana* L., *Cercidiphyllum japonicum* Sieb.et Zucc. почали вегетувати вже в другій декаді березня, проте основна частина особин даної феногрупи – в період з 25.03 по 28.03, що цілком відповідає середнім фенодатам. Рослини феногрупи пізньогопочатку вегетації розпочали вегетаційні процеси в порівняно стислий термін з певним запізненням. Представник феногрупи ДППВ розпочали вегетацію в характерний для них період – з другої декади квітня. Найпізніший початок вегетації спостерігався у *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch (05.05).

Завершення вегетації деревно-чагарникових рослин дендрарію у 2020 році мало певні особливості. Граничні фенодати суміжних феногруп часто накладалися. Рослини, які, як правило, дуже рано завершують вегетацію вступили у фазу повного осіннього забарвлення досить неоднорідно. Більшість з них (*Amelanchier ovalis* Medik., *Aesculus hybrida* DC., *Phellodendron amurense* Rupr., *Padus avium* Mill., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz.) – ще в кінці вересня і на початку жовтня. Проте, окремі представники феногрупи ДРЗВ, такі як *Hamamelis virginiana* L., *Euonymus alata* (Thunb.) Sieb., *Sambucus nigra* L. – в кінці жовтня, що значно пізніше за середньостатистичні терміни. Така ж неоднорідність завершення вегетації спостерігалась і в рослин феногрупи раннього та середнього завершення вегетації. Ще більший діапазон фенодат спостерігався у феногрупі пізнього завершення вегетації – завершення вегетації рослин проходило в період з 18.10 до 08.12. Більша частина рослин завершила вегетацію з запізненням.

Квітування рослин феногрупи дуже раннього початку цвітіння, зокрема, *Corylus avellana* L. почалося ще 07.02, що стало наслідком високих (до +10°C денні та до +7°C нічні) температур атмосферного повітря і перших числах лютого. Інші рослини, види яких належать до вказаної феногрупи, почали цвісти значно пізніше – 09.03-11.03, проте і в цьому випадку раніше за середньостатистичні фенодати.

Рослини феногрупи раннього початку цвітіння у 2020 році цвіли практично в термін з малими відхиленнями. Натомість, у феногрупі середнього початку цвітіння рослини починали цвісти як раніше визначеного терміну (*Syringa vulgaris* L., *Euonymus alata* (Thunb.) Sieb., *Pterocarya fraxinifolia* (Lam. ex Poir.) Sprach), так і з різним ступенем запізнення. Проте більша частина рослин цієї феногрупи починали цвісти в межах вказаного терміну. Рослини пізнього початку цвітіння – дещо пізніше. Запізнення початку цвітіння двох останніх феногруп частково спровокували пізні весняні заморозки, які спостерігались ще 13.05 (-2°C вночі).

Терміни завершення цвітіння рослин значною мірою залежать від термінів початку їх цвітіння. Так, рослини феногрупи дуже раннього завершення цвітіння

відквітували раніше середньостатистичних фенодат, рослини раннього завершення цвітіння відквітували в період, близький до середньостатистичних фенодат, чи дещо пізніше. Рослини з середнім завершенням цвітіння мали найбільші відхилення. Найбільш раннє завершення цвітіння (до 11.05) спостерігалось у *Berberis ottawensis* var. *purpurea* Schneid. і *Acer campestre* L., найпізніше (після 20.06) відквітували *Maclura pomifera* (Raf.) Schneid., *Sambucus nigra* L., *Hydrangea bretschneideri* Dipp., *Kolkwitzia amabilis* Graebn., *Amorpha fruticosa* L., *Philadelphus inodorus* L., *Philadelphus grandiflorus* Willd. У відносно короткий термін відквітували представники феногрупи пізнього завершення цвітіння. Ймовірно, це є наслідком одночасного впливу на цвітіння як високих температур, так і частих короткотривалих опадів. Рослини видів з дуже пізнім завершенням цвітіння (*Spiraea japonica* L. 'Little Princess', *Hibiscus syriacus* L., *Symphoricarpos albus* (L.) Blake) відквітували у терміни, близькі до середньостатистичних.

4.2.2. Феногрупи деревних видів за особливістю проходження сезонних ритмів вегетації та цвітіння. Для аналізу феноритміки вегетації і цвітіння рослин був використаний поділ на феногрупи (на основі статистичної обробки фенологічних матеріалів):

– феногрупи за середньою фенодатою початку вегетування:

- ДРПВ – дуже раннього початку вегетації (до 11 березня),
- РПВ – раннього початку вегетації (11 березня – 20 березня),
- СПВ – середнього початку вегетації (21 березня – 31 березня),
- ППВ – пізнього початку вегетації (1 квітня – 10 квітня),
- ДППВ – дуже пізнього початку вегетації (після 10 квітня).

– феногрупи за середньою фенодатою закінчення вегетування:

- ДРЗВ – дуже раннього завершення вегетації (до 11 жовтня),
- РПВ – раннього завершення вегетації (11 жовтня – 20 жовтня),
- СПВ – середнього завершення вегетації (21 жовтня – 31 жовтня),
- ППВ – пізнього завершення вегетації (1 листопада – 10 листопада),
- ДППВ – дуже пізнього завершення вегетації (після 10 листопада).

– феногрупи за тривалістю вегетаційного періоду:

- ДКВ – дуже короткого періоду вегетації (до 171 доби),
- КВ – короткого періоду вегетації (171–190 діб),
- СВ – середнього періоду вегетації (191–210 діб),
- ТВ – тривалого періоду вегетації (211–230 діб),
- ДТВ – дуже тривалого періоду вегетації (понад 230 діб).

– **феногрупи за середньою фенодатою початку цвітіння:**

- ДРПЦ – дуже раннього початку цвітіння (до 21 березня),
- РПЦ – раннього початку цвітіння (21 березня – 20 квітня),
- СПЦ – середнього початку цвітіння (21 квітня – 31 травня),
- ППЦ – пізнього початку цвітіння (1 червня – 30 червня),
- ДППЦ – дуже пізнього початку цвітіння (після 30 червня).

– **феногрупи за середньою фенодатою закінчення цвітіння:**

- ДРЗЦ – дуже раннього завершення цвітіння (до 11 квітня),
- РЗЦ – раннього завершення цвітіння (11 квітня – 10 травня),
- СЗЦ – середнього завершення цвітіння (11 травня – 20 червня),
- ПЗЦ – пізнього завершення цвітіння (21 червня – 20 липня),
- ДПЗЦ – дуже пізнього завершення цвітіння (після 20 липня).

– **феногрупи за тривалістю вегетаційного періоду:**

- ДКЦ – дуже короткого періоду цвітіння (до 11 діб),
- КЦ – короткого періоду цвітіння (11–20 діб),
- СЦ – середнього періоду цвітіння (21–40 діб),
- ТЦ – тривалого періоду цвітіння (41–60 діб),
- ДТЦ – дуже тривалого періоду цвітіння (понад 60 діб).

При статистичній обробці матеріалів досліджень були використані середні значення ряду даних, середня квадратична похибка, а також коефіцієнт варіації та показник точності (лише для довжин феноперіодів). Приклад обчислення статистичного блоку фенологічних досліджень приведено в додатку 3.

Аналізуючи *феноритміку вегетації*, проведено розподіл таксонів дендрарію на феногрупи за термінами вегетації, та за тривалістю вегетації (додаток 4). Серед досліджуваних рослин дендрарію значна частина належить до феногруп ДРПВ – 33%, РПВ – 18% та СПВ – 24% (табл. 4.3).

Таблиця 4.3. Кількісний розподіл таксонів дендрофлори на феногрупи за початком вегетації.

Назва феногрупи	Календарний інтервал фенодат	Коливання основної похибки, діб	Кількість таксонів, шт.
ДРПВ – дуже раннього початку вегетації	до 11.03	5,0 (1,7-9,1)	31
РПВ – раннього початку вегетації	11.03-20.03	4,7 (1,5-7,5)	18
СПВ – середнього початку вегетації	21.03-31.03	3,5 (1,0-5,4)	22
ППВ – пізнього початку вегетації	1.04-10.04	2,2 (1,2-3,8)	12
ДППВ – дуже пізнього початку вегетації	після 11.04	3,3 (0,7-6,6)	10
Разом:			93

У рослин групи ДРПВ активування процесів життєдіяльності починається вже в другій половині лютого. Похибка середньої дати початку вегетації становить близько 1,7–9,2 діб, при чому для більшості рослин цей показник не перевищує 5 діб. В колекції дендрарію ця феногрупа представлена найбільшою кількістю таксонів. Завершення вегетації рослин ДРПВ відбувалось в різні осінні періоди, проте найбільше серед них рослин СЗВ, ПЗВ та ДПЗВ. За тривалістю вегетування майже усі рослини належать до феногрупи ДТВ.

Для рослин феногрупи РПВ середні фенодати початку вегетування знаходяться в межах II-ї декади березня. Їх похибка становить близько 1,5–7,5 діб (в середньому 4,7 доби). Щодо завершення вегетації цих рослин, то чітких закономірностей тут немає, так як таксони розподілені практично рівномірно по всіх визначених групах. Тривалість вегетації – середня, тривала та дуже тривала (СВ, ТВ та ДТВ).

Середні фенодати початку вегетації групи СПВ (III-тя декада березня) мають порівняно менші похибки в 1,0-5,4 діб (в середньому 3,5 доби). За датами завершення вегетації це переважно рослини груп РЗВ та ПЗВ, а тривалість їх вегетації визначена як середня і тривала (СВ, ТВ).

Кількість таксонів, віднесених нами за датами початку вегетації до феногруп ППВ та ДППВ є меншою, порівняно з іншими групами рослин. Похибка середньої фенодати набубнявіння бруньок рослин групи ППВ (I-ша декада квітня) знаходиться в найменшому діапазоні – 1,2-3,8 доби (в середньому

2,2 доби). Це характерна ознака стабілізації ростових процесів в наслідок вирівнювання метеоумов в означений календарний період. У них переважає середнє закінчення вегетації (кінець жовтня). Тривалість вегетативного періоду також визначена як середня. Феногрупа рослин ДППВ у колекції дендрарію є найменш чисельною. Основна похибка початку їх вегетації становить 0,7-6,6 діб (в середньому 3,3 доби). За закінченням вегетації ці рослини віднесені до таких груп як РЗВ, СЗВ, ПЗВ, ДПЗВ, а за тривалістю вегетації – КВ, СВ, ТВ, тобто закінчення вегетації у представників групи ДППВ має досить великий інтервал.

Щодо періоду завершення вегетації, то слід відзначити, що найменшою кількістю рослин у дендрарії представлена феногрупа ДРЗВ (8%), інші (РЗВ, СЗВ, ПЗВ та ДПЗВ) – розподілені приблизно рівномірно (табл. 4.4).

Таблиця 4.4. Кількісний розподіл таксонів дендрофлори на феногрупи за завершенням вегетації

Назва феногрупи	Календарний інтервал фенодат	Коливання основної похибки, діб	Кількість таксонів, шт.
ДРЗВ – дуже раннього завершення вегетації	до 11.10	3,7 (1,9-7,6)	8
РЗВ – раннього завершення вегетації	11.10-20.10	3,4 (1,0-7,6)	23
СЗВ – середнього завершення вегетації	21.10-31.10	3,0 (1,3-5,5)	21
ПЗВ – пізнього завершення вегетації	1.11-10.11	3,2 (1,2-10,5)	23
ДПЗВ – дуже пізнього завершення вегетації	після 10.11	4,3 (1,9-10,7)	18
Разом:			93

Середні квадратичні похибки фенодат закінчення вегетації знаходяться в межах від 1,0 до 10,7 діб. При цьому найменша похибка характерна для групи СЗВ і становить 1,3-5,5 діб (в середньому 3 доби). В різні роки дослідного періоду завершення вегетації рослин мало свої особливості. Як видно з додатку 4, відхилення від середніх фенодат фази зміни осіннього забарвлення листя є значно меншими, ніж для фенодат набубнявіння вегетативних бруньок. Очевидно, вплив метеофакторів тут є меншим, ніж для початку вегетації. Важливі не лише коливання температур атмосферного повітря і наявність опадів під час настання фенофази, а й сума ефективних температур за весь період вегетування, кількість накопичених опадів, тривалість світлового дня. Проте,

порівняно більші відхилення (як з випередження так і з запізнення настання фенофази) відмічені для рослин феногруп ДРЗВ.

Стосовно тривалості вегетаційного періоду, то в дендрарії відсутні рослини з дуже коротким періодом вегетації, натомість рослин феногрупи ДТВ – 40%, що є більшістю (табл. 4.5).

Таблиця 4.5. Кількісний розподіл таксонів дендрофлори на феногрупи за тривалістю вегетації.

Назва феногрупи тривалості вегетації	Довжина періоду вегетації, днів	Середня похибка, днів	Коефіцієнт варіації, %	Показник точності, %	Кількість таксонів, шт.
ДКВ – дуже короткого періоду вегетації	до 170	–	–	–	–
КВ – короткого періоду вегетації	171-190	4,5 (2,7-7,4)	5,5 (2,5-8,8)	2,5 (1,4-3,9)	9
СВ – середнього періоду вегетації	191-210	4,1 (1,0-10,0)	4,2 (0,9-8,7)	2,0 (0,5-5,0)	26
ТВ – тривалого періоду вегетації	211-230	6,1 (3,0-11,0)	5,6 (3,2-8,9)	2,7 (1,4-4,9)	20
ДТВ – дуже тривалого періоду вегетації	понад 231	6,2 (1,4-14,9)	5,2 (1,3-13,2)	2,5 (0,6-5,9)	38
Разом:					93

Середня квадратична похибка тривалості вегетації для всієї вибірки дендрарію в середньому становить 4,1-6,2 днів. Коефіцієнт варіації не перевищує 13,2% (переважно близько 5%), тобто варіація незначна або середня, що свідчить про добру адаптацію більшості рослин до умов існування. Показник точності досліду – до 5,9%. Чіткої залежності тривалості вегетації рослин від мінливості метеофакторів немає, оскільки тут враховуються як дати початку, так і кінця вегетації, які мають свої особливості проходження [8]. Більший зв'язок тривалості вегетаційного періоду прослідковується з початком вегетації, наприклад, майже для всіх рослин феногрупи ДРПВ характерна тривала вегетація, для рослини групи РПВ – в меншій кількості, СПВ – окремі рослини. Тобто, більший вплив на довжину даного лагу мають саме метеоумови весняного періоду.

Проводячи аналіз *феноритмики цвітіння* дерев і кущів дендрарію, було здійснено розподіл таксонів на феногрупи за термінами цвітіння (додаток 5). Особливості тривалості цвітіння досліджуваних рослин також описані в додатку 5.

Розподіл рослин дендрарію на групи за фенодатами початку цвітіння відбувся наступним чином: найбільшою кількістю рослин представлена феногрупа СПЦ (54%), групи РПЦ та ППЦ майже вдвічі менші, до груп ДРПЦ та ДППЦ віднесено найменше рослин – відповідно 4 та 2 таксони (табл. 4.6).

Таблиця 4.6. Кількісний розподіл таксонів дендрофлори на феногрупи за початком цвітіння

Назва феногрупи	Календарний інтервал фенодат	Коливання основної похибки, діб	Кількість таксонів, шт.
ДРПЦ – дуже раннього початку цвітіння	до 21.03	4,4 (3,7-5,2)	4
РПЦ – раннього початку цвітіння	21.03-20.04	3,0 (1,0-11,7)	18
СПЦ – середнього початку цвітіння	21.04-31.05	3,5 (1,5-11,9)	48
ППЦ – пізнього початку цвітіння	1.06-30.06	3,3 (2,0-7,0)	16
ДППЦ – дуже пізнього початку цвітіння	після 30.06	1,5 (1,4-1,6)	2
Разом:			88

Цвітіння рослин феногрупи ДРПЦ починається вже в кінці лютого – на початку березня. Похибка середньої фенодати для них становить 3,7-5,2 доби. Завершення вегетації цих рослин також припадає на найбільш ранні терміни – вони формують феногрупу ДРЗЦ (табл. 4.7). Переважно це рослини короткотривалого цвітіння.

Таблиця 4.7. Кількісний розподіл таксонів дендрофлори на феногрупи за завершенням цвітіння

Назва феногрупи	Календарний інтервал фенодат	Коливання основної похибки, діб	Кількість таксонів, шт.
ДРЗЦ – дуже раннього завершення цвітіння	до 11.04	3,8 (3,1-5,2)	4
РЗЦ – раннього завершення цвітіння	11.04-10.05	2,7 (0,7-6,5)	25
СЗЦ – середнього завершення цвітіння	11.05-20.06	4,2 (0,7-11,2)	40
ПЗЦ – пізнього початку завершення	21.06-20.07	3,7 (2,4-5,4)	15
ДПЗЦ – дуже пізнього завершення цвітіння	після 20.07	4,5 (2,0-7,0)	4
Разом:			88

Для феногрупи РПЦ основна помилка середньої фенодати початку цвітіння знаходиться в межах 1,0-11,7 діб, хоча здебільшого не перевищує 3,0

діб. Завершення цвітіння цих рослин відбувається в ранній період, а його тривалість є різною – рослини належать до феногруп ДРЗЦ, РЗЦ та СЗЦ.

Середні фенодати початку цвітіння рослин групи СПЦ мають подібні похибки – 1,5-11,9 діб (переважно 3,5 діб). Проте завершення цього генеративного процесу відбувається в різні терміни. Рослини належать до всіх груп – ДРЗЦ, РЗЦ, СЗЦ, ППЦ та ДППЦ, проте переважна більшість їх має середнє завершення цвітіння (88%). Досить широкий діапазон і в довжини лагу цвітіння – ДКЦ, КЦ, СЦ та ТЦ. Основна ж частина середньоквітучих рослин (84%) має короткий термін цвітіння.

Квітування рослин феногрупи ППЦ відбувається впродовж червня. Середня квадратична похибка дат початку цвітіння – 2,0-7,0 діб (в середньому 3,3 доби). Завершення цвітіння відбувається у пізній період (ПЗЦ), а тривалість цвітіння переважно коротка (у 75%).

До феногрупи ДППЦ серед досліджуваних рослин дендрарію належить тільки дві рослини. Завершення їх цвітіння припадає на дуже пізній період, а довжина лагу цвітіння – тривала і дуже тривала.

Тривалість цвітіння рослин більшої частини дендрарію (60%) є короткою – до 20 діб (табл. 4.8).

Таблиця 4.8. Кількісний розподіл таксонів дендрофлори на феногрупи за тривалістю цвітіння

Назва феногрупи тривалості цвітіння	Довжина періоду цвітіння, дні	Середня похибка, діб	Коефіцієнт варіації, %%	Показник точності, %%	Кількість таксонів, шт.
ДКЦ – дуже короткого періоду цвітіння	до 11	1,9 (1,0-3,7)	43,3 (29,9-80,0)	20,5 (16,4-35,8)	15
КЦ – короткого періоду цвітіння	11-20	2,2 (0,5-6,2)	28,1 (3,8-75,1)	13,6 (2,7-37,6)	53
СЦ – середнього періоду цвітіння	21-40	3,0 (1,2-5,5)	25,8 (12,3-44,0)	11,8 (5,5-20,0)	17
ТЦ – тривалого періоду цвітіння	41-60	3,3	17,3	7,7	2
ДТЦ – дуже тривалого періоду цвітіння	понад 60	5,8	17,5	7,8	1
Разом:					88

Середня квадратична похибка довжини лагу їх становить 0,5-6,2 діб (в середньому 2,2 доби). Слід відзначити, що в межах феногруп за довжиною

цвітіння рослин простежується тенденція, що при збільшені довжини лагу основна помилка також збільшується (від 1,9 доби у групі ДКЦ до 5,8 діб у групі ДТЦ). В той же час наведені результати мають високий коефіцієнт варіації та недостатній показник точності, тому розглядати якісь залежності тут є недоцільним. У цьому випадку необхідно суттєво збільшувати період феноспостережень.

4.2.3. Феноперіоди вегетації та цвітіння, їх календарні терміни та тривалість. Потрібно відзначити, що реакція на вплив метеофакторів у рослин, які походять з різних кліматичних зон є відмінною. Перебіг їх вегетативних і генеративних процесів має певні особливості. Характерною ознакою і перевагою феноперіоду вегетації є довга тривалість у часі, що дає змогу при відносно короткому періоді спостережень отримати достовірний результат. Феноперіод цвітіння має порівняно меншу тривалість, проте важливість його дослідження полягає в тому, що це одна з основних ознак адаптації інтродукованих видів, особливо чутливих до змін метеорологічних факторів. Нижче наведено дослідні дані щодо фенології вегетації та цвітіння рослин конкретних феногруп (табл. 4.9 і табл. 4.10).

Для рослин окремих феногруп календарні дати настання фенофаз та довжин феноперіодів впродовж усього часу досліджень мають значні відхилення від середніх багаторічних значень.

Отже, температура атмосферного повітря однозначно виступає основним лімітуючим чинником вегетації. При цьому настання фенофаз початку вегетації, а також їх тривалість визначаються не лише сумою ефективних температур. Для одних видів особливе значення мають високі денні температури ранньовесняного періоду, для інших – низькі (переважно мінусові) нічні температури, чи певні характерні середньодобові температури. Визначальною є амплітуда між значеннями денних і нічних температур.

Така ж неоднорідна реакція спостерігається і під час цвітіння. Важливо також, якою є частота та рясність опадів в період масового цвітіння рослин. Значна кількість опадів скорочує його тривалість, при цьому зменшується ефективність запилення та наступне плодоношення.

Таблиця 4.9. Фенологія вегетації дерев і кущів у 2016-2020 рр.

Початок вегетації (ПВ)						
Феногрупи		ДРПВ дуже ранній	РПВ ранній	СПВ середній	ППВ пізній	ДППВ дуже пізній
Фенодати	середні	до 11.03	11.03-20.03	21.03-31.03	01.04-10.04	після 10.04
	2016 р.	03.02-08.03	28.02-25.03	06.03-12.04	01.04-11.04	12.04-26.04
	2017 р.	26.02-10.03	06.03-20.03	06.03-02.04	30.03-10.04	26.03-28.04
	2018 р.	28.02-31.03	22.03-02.04	22.03-09.04	04.04-19.04	09.04-22.04
	2019 р.	19.02-12.03	28.02-25.03	06.03-04.04	30.03-23.04	11.04-02.05
	2020 р.	07.02-17.03	15.02-27.03	13.03-11.04	03.04-21.04	11.04-05.05
Завершення вегетації (ЗВ)						
Феногрупи		ДРЗВ дуже раннє	РЗВ раннє	СЗВ середнє	ПЗВ пізнє	ДПЗВ дуже пізнє
Фенодати	середні	до 11.10	11.10-20.10	21.10-31.10	01.11-10.11	після 10.11
	2016 р.	15.09-02.10	30.09-29.10	10.10-13.11	26.10-21.11	06.10-25.11
	2017 р.	06.10-13.10	06.10-07.11	21.10-12.11	31.10-20.11	26.10-25.11
	2018 р.	05.10-19.10	07.10-30.10	13.10-12.11	24.10-25.11	20.10-21.12
	2019 р.	16.09-02.10	13.10-08.11	12.10-15.11	14.11-23.11	11.11-18.12
	2020 р.	21.09-22.10	28.09-20.11	13.10-23.11	18.10-08.12	07.11-16.12
Тривалість вегетації (В)						
Феногрупи		ДКВ дуже коротка	КВ коротка	СВ середня	ДВ довга	ДДВ дуже довга
Феноперіод, діб	середні	до 170	171-190	191-210	211-230	більше 230
	2016 р.	–	166-200	185-224	209-246	225-288
	2017 р.	–	161-210	194-222	210-247	223-270
	2018 р.	–	179-191	189-217	198-226	204-284
	2019 р.	–	167-190	189-217	211-247	207-289
	2020 р.	–	167-198	181-237	203-265	220-294

Таблиця 4.10. Фенологія цвітіння дерев і кущів у 2016-2020 рр.

Початок цвітіння (ПЦ)						
Феногрупи		ДРПЦ дуже ранній	РПЦ ранній	СПЦ середній	ППЦ пізній	ДППЦ дуже пізній
Фенодати	середні	до 21.03	21.03-20.04	21.04-31.05	01.06-30.06	після 30.06
	2016 р.	09.02-15.03	20.03-20.04	19.04-09.06	31.05-30.06	25.07
	2017 р.	01.03-30.03	29.03-01.05	25.04-05.06	30.05-28.06	22.07-27.07
	2018 р.	18.03-02.04	08.04-18.04	01.04-08.06	21.05-07.06	18.07
	2019 р.	04.03-22.03	30.03-26.04	22.04-15.06	02.06-02.07	30.07
	2020 р.	07.02-11.03	26.03-24.04	10.04-16.06	07.06-07.07	28.07
Завершення цвітіння (ЗЦ)						
Феногрупи		ДРЗЦ дуже раннє	РЗЦ раннє	СЗЦ середнє	ПЗЦ пізнє	ДПЗЦ дуже пізнє
Фенодати	середні	до 11.04	11.04-10.05	11.05-20.06	21.06-20.07	після 20.07
	2016 р.	22.02-10.04	10.04-10.05	12.05-23.06	19.06-16.07	23.07-15.10
	2017 р.	10.03-07.04	15.04-18.05	06.05-28.06	23.06-15.07	13.08-20.10
	2018 р.	04.03-11.04	18.04-05.05	01.05-14.06	08.06-28.06	20.07-15.09
	2019 р.	15.03-08.04	10.04-13.05	07.05-22.06	13.06-11.07	11.07-03.10
	2020 р.	09.03-03.04	17.4-19.05	05.05-30.06	28.06-19.07	18.07-28.09
Тривалість цвітіння (Ц)						
Феногрупи		ДКЦ дуже коротка	КЦ коротка	СЦ середня	ДЦ довга	ДДЦ дуже довга
Феноперіод, діб	середні	до 11 діб	11-20 діб	21-40діб	41-60 діб	понад 60 діб
	2016 р.	4-14	7-26	12-45	37-45	82
	2017 р.	4-14	5-30	21-39	42-58	90
	2018 р.	5-11	6-35	9-28	38-55	59
	2019 р.	4-14	7-23	12-36	31-48	65
	2020 р.	4-15	7-36	9-38	32-56	62

4.3. Адаптаційні стратегії видів до кліматичних стресів

Кліматичні стреси, такі як посухи, екстремальні температури, надмірні опади, або зміни сезонних ритмів, змушують види розвивати механізми адаптації для виживання та збереження популяцій. Стратегії адаптації можуть бути морфологічними, фізіологічними, поведінковими та генетичними. До морфологічної адаптації можна віднести зменшення листкової поверхні, наявність товстого кутикулярного шару або волосків на листках. Фізіологічна адаптація проявляється зниженням швидкості метаболізму у період стресу, змінами у фотосинтезі, накопиченні осмотичних речовин (сахариди, амінокислоти) для збереження клітинного тургору під час посухи

Поведінкові стратегії визначаються змінами сезонності феноритмів – види можуть коригувати строки цвітіння, плодоношення чи листопаду для адаптації до змінених сезонних умов. Деревя відкладають запасні речовини (наприклад, крохмаль) для забезпечення виживання під час стресу. Утворення асоціацій із грибами (мікориза) чи азотфіксуючими бактеріями покращує живлення і стійкість рослин.

Генетичні механізми адаптації передбачають те, що види з коротким життєвим циклом (наприклад, трави) демонструють генетичну пластичність, адаптуючись до нових умов. Популяції з високою генетичною варіабельністю мають більшу ймовірність вижити в умовах стресу.

Міграція – переміщення видів у нові регіони з більш сприятливими умовами (наприклад, пересування ареалів у напрямку до полюсів або у гори) є прикладом просторової адаптації.

Загалом, адаптаційні стратегії забезпечують виживання видів у мінливих умовах, але їхня ефективність залежить від швидкості кліматичних змін. Впровадження комплексного підходу до збереження природних екосистем і розробка адаптивних заходів для чутливих видів є критично важливими для збереження біорізноманіття в умовах глобальних змін клімату.

РОЗДІЛ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ДЕНДРОФЛОРИ

Збереження біорізноманіття дендрофлори є важливим завданням для забезпечення екологічної стабільності, адаптації до кліматичних змін і збагачення ландшафтного різноманіття. Основними напрямками є охорона рідкісних і зникаючих видів, контроль інвазійних рослин, впровадження сучасних технологій моніторингу та управління, а також екопросвітницька діяльність. Перспективи полягають у створенні нових колекцій, розширенні інтродукційної діяльності та інтеграції дендрофлори у міські й природоохоронні проекти.

5.1. Використання фенологічних спостережень як інструменту моніторингу

Використання фенологічних спостережень є важливим інструментом моніторингу для збереження біорізноманіття дендрофлори. Вони дозволяють вивчати сезонні явища в життєвому циклі деревних рослин, такі як початок цвітіння, плодоношення, листопад, та оцінювати вплив кліматичних змін на рослинність. Систематичні фенологічні спостереження забезпечують дані для аналізу змін у феноритмах видів, що є ключовим для адаптації до нових екологічних умов.

Завдяки фенологічним даним можна визначати найбільш уразливі види, які потребують спеціального догляду, або види, що демонструють високу пластичність і здатні адаптуватися до змін клімату. Наприклад, види з більш гнучкими термінами цвітіння можуть бути перспективними для розширення колекції, тоді як види з вузьким екологічним діапазоном потребують додаткових заходів захисту.

Фенологічні спостереження також сприяють плануванню заходів із догляду за дендрофлорою, наприклад, правильного вибору часу обрізки, збирання насіння або захисту рослин від заморозків. Вони є основою для

створення прогнозів щодо адаптивного потенціалу деревних рослин в умовах глобальних змін клімату.

Інтеграція фенологічних спостережень у програми моніторингу дендрофлори відкриває нові перспективи для наукових досліджень, ефективного управління колекціями ботанічних садів і розробки стратегій збереження біорізноманіття. Використання таких підходів сприятиме не лише збереженню існуючої флори, а й створенню стійких рослинних угруповань у майбутньому.

5.2. Стратегії підтримки та збереження аборигенних видів в урбогенному середовищі

Збереження аборигенних видів у міських умовах є важливим завданням для підтримки екологічного балансу, біорізноманіття та зменшення впливу урбанізації на природні екосистеми. Урбанізоване середовище створює низку викликів для місцевих видів, таких як деградація ґрунтів, забруднення повітря, підвищена температура (ефект теплових островів), фрагментація природних ландшафтів і конкуренція з інвазійними рослинами. Для подолання цих проблем і забезпечення стійкості аборигенних видів необхідно застосовувати комплексні стратегії:

– *Впровадження природоорієнтованих рішень*: створення зелених коридорів, що з'єднують ізольовані ділянки природної рослинності, дозволяє підтримувати екологічний зв'язок між популяціями аборигенних видів; збереження природних зон лісопарку, заповідники, з мінімальним втручанням людини; впровадження проєктів, що імітують природні екосистеми, з використанням аборигенних видів у міських зелених зонах.

– *Контроль і обмеження інвазійних видів*: регулярний моніторинг і видалення інвазійних рослин, які витісняють аборигенні види; використання місцевих рослин у ландшафтному дизайні, що знижує ризики поширення чужорідних видів.

– *Відновлення природних середовищ*: рекультивація деградованих територій шляхом висадки аборигенних дерев, чагарників і трав; поліпшення якості ґрунтів шляхом їх оздоровлення, аерації та внесення органічних добрив.

– *Адаптивне озеленення*: використання аборигенних видів, стійких до стресових факторів урбанізації (забруднення, засухи, теплових хвиль); висаджування деревних рослин, які забезпечують додаткові екосистемні послуги, такі як очищення повітря, зниження температури та затримка дощової води.

– *Екологічна просвіта та участь громади*: проведення освітніх кампаній серед населення щодо важливості збереження аборигенних видів; залучення місцевих громад до проєктів озеленення та догляду за міськими зеленими зонами.

– *Інтеграція сучасних технологій*: використання геоінформаційних систем (ГІС) для моніторингу стану природних зон і планування заходів збереження; впровадження автоматизованих систем поливу, адаптованих до потреб місцевих видів.

– *Законодавче та фінансове забезпечення*: внесення аборигенних видів до списків, що охороняються законом, з метою регулювання їх використання в міському середовищі; забезпечення фінансування програм зі збереження аборигенних рослин у містах.

Застосування зазначених стратегій дозволить не лише підтримувати популяції аборигенних видів у містах, але й сприятиме формуванню екологічно стійкого урбаністичного середовища.

5.3. Підбір і рекомендації щодо інтродукції нових видів з урахуванням кліматичних змін

Інтродукція нових видів деревних рослин у ботанічні сади, парки та інші зелені зони є важливим напрямом для збагачення біорізноманіття, адаптації озеленення до кліматичних змін та збереження декоративності міського середовища. З урахуванням глобального потепління, зростання середньорічних температур, частих посух і екстремальних погодних явищ, підбір нових видів потребує ретельного аналізу їхньої адаптивності та стійкості.

Критерії для підбору нових видів:

– *Зимостійкість*. Види повинні витримувати мінімальні температури, характерні для місцевої зони морозостійкості, з урахуванням можливих раптових холодів.

– *Посухостійкість*. У зв'язку з нерівномірним розподілом опадів та частими посухами, особливо важливими є види з добре розвиненою кореневою системою.

– *Газостійкість*. Для озеленення урбанізованих територій важливі види, стійкі до забруднення повітря.

– *Солестійкість*. У місцях із засоленими ґрунтами (наприклад, уздовж доріг) необхідно висаджувати види, стійкі до високого рівня солей.

Доцільно скористатися розробками розділу 4. Види мають бути здатними адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов, зберігаючи свою декоративність і функціональність.

Рекомендації щодо інтродукції:

– *Попереднє тестування видів*. Проведення експериментальних висадок у контрольованих умовах для оцінки їхньої стійкості до місцевих кліматичних умов (можливе в умовах ботанічних садів).

– *Урахування кліматичних зон*. Використання оновлених мап зон морозостійкості (наприклад, USDA, 2024) для вибору видів, які зможуть успішно рости в прогнозованих кліматичних умовах.

– *Моніторинг екологічного впливу*. Інтродуковані види не повинні мати інвазійних властивостей, здатних негативно впливати на місцеві екосистеми.

– *Пріоритет для багатофункціональних видів*. Види, що поєднують декоративність із екологічними перевагами, такими як поглинання вуглецю, очищення повітря, зниження теплових островів.

– *Різноманітність таксонів*. Уникнення домінування одних і тих самих видів для зниження ризиків, пов'язаних із хворобами чи шкідниками, що можуть загрожувати однорідним насадженням.

Інтеграція цих підходів дозволить ефективно використовувати інтродуковані види для зміцнення екосистемної стійкості в умовах глобальних кліматичних змін.

Висновки

1. Проведено повну інвентаризацію видового складу дендрофлори Ботанічного саду загальнодержавного значення НЛТУ України та здійснено таксономічний аналіз і зазначене кількістю особин кожного виду.

2. У ході дослідження проаналізовано еколого-біологічні особливості дендрофлори Ботанічного саду загальнодержавного значення НЛТУ України. Визначено основні таксономічні групи, біологічні характеристики та екологічні властивості аборигенних і інтродукованих видів.

3. Встановлено, що інтродуковані види демонструють значну адаптаційну пластичність до місцевих екологічних умов. Особливо перспективними є види, стійкі до кліматичних змін, зокрема до екстремальних температур, посух і забруднення повітря.

4. Проведені фенологічні спостереження вказують на зміщення строків цвітіння, плодоношення та вегетації, що пов'язано зі змінами клімату. Ці дані є основою для моніторингу адаптації рослин до нових умов. Виявлено зв'язок тривалості вегетаційного періоду з початком вегетації: майже для всіх рослин феногрупи дуже раннього початку вегетації характерна тривала вегетація, для рослини групи раннього початку вегетації – в меншій кількості, середнього початку вегетації – окремі рослини. Щодо цвітіння, то для рослин феногрупи дуже раннього початку цвітіння відхилення від середньостатистичної норми початку цвітіння були найбільшими, що свідчить про їх особливу метеочутливість.

5. З'ясовано, що щільність висаджування та конкуренція між деревними видами створюють специфічний дендроценоз, який вимагає регулярного догляду та оптимізації умов для збереження колекції.

6. Розроблено рекомендації для збереження біорізноманіття дендрофлори, зокрема висаджування нових адаптивних видів, що здатні гармонійно інтегруватися в існуючі екосистеми.

7. Визначено перспективи подальшого розвитку ботанічного саду, зокрема через інтеграцію сучасних технологій моніторингу та активізацію науково-дослідної роботи з вивчення адаптаційних механізмів рослин.

8. Використання результатів дослідження сприятиме не лише збереженню біорізноманіття, а й підвищенню екологічної стабільності урбосередовища Львова.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Івченко А.І., Шляхта Я.М. (1995). *Каталог деревних рослин дендрарію Ботанічного саду Українського державного лісотехнічного університету*. Львів: УкрДЛТУ. 31 с.
2. Кендзьора Н. (2021). Стан і перспективи великовікових дерев у колекції дендрофлори Ботанічного саду НЛТУ України. *Journal of Native and Alien Plant Studies*.17. С. 93–100. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.17.2021.248341>
3. Кендзьора Н. (2024). Температура атмосферного повітря як лімітуючий фактор для сезонних ритмів розвитку рослин. *Природоохоронні території України: сучасні виклики та перспективи розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 40-річчю утворення Природного заповідника "Розточчя"*. Львів, смт Івано-Франкове. С. 25-27.
4. Кендзьора Н.З. (2017). Дендрарій Ботанічного саду НЛТУ України в комплексній підготовці фахівців лісового і садовопаркового господарства. *Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту: тези доп. III міжнар. наук.-практ. конф.* Біла Церква. С. 72–74.
5. Кендзьора Н.З. (2020). Динаміка колекції деревно-чагарникових рослин дендрарію ботанічного саду НЛТУ України. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні: матеріали III міжнародної наукової конференції, присв. міжнар. року здоров'я рослин*. Умань. С. 114-122.
6. Кендзьора Н.З. (2020). Динаміка температури атмосферного повітря і режим опадів як фактори змін феноритміки рослин в період 2010–2019 років. *Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: матеріали всеукр. наук.-практ. заоч. конф. студ., аспір. та молод. учених*. Маріуполь. С. 51-54.
7. Кендзьора Н.З. (2021). Відхилення у феноритмах початку вегетації дерев і чагарників як реакція на зміни клімату. *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. європейський досвід і перспективи: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції*. Львів: ЛДУБЖД. С. 126-129.

8. Кендзьора Н.З. (2021). Кліматичні зміни та їх вплив на ритми росту і розвитку деревних рослин в урбогенних умовах. *Екологістика. Теорія і практика управління сміттєзвалищами*. Монографія (наук. ред. В.Попович, О.Теляк, О.Меньшикова). Wydawnictwo SGSP. С. 213-228.

9. Кендзьора Н.З. (2022). Таксономічна структура колекції деревно-чагарникових рослин дендрарію Ботанічного саду НЛТУ України. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні*: матеріали V міжнародної наукової конференції, присвяченої 20-й річниці проголошення Всесвітнього дня культурного різноманіття в ім'я діалогу та розвитку. Нац. дендропарк «Софіївка» НАН України. Умань. С. 88-99.

10. Кендзьора Н.З. (2024). Дерева в озелененні міста в контексті кліматичних змін. *Екологічна безпека в умовах війни*: збірник тез доповідей V міжнародної науково-практичної конференції. Львів: ЛДУБЖД. С. 24-26.

11. Кендзьора Н.З., Блюсюк Н.Л., Коляда Л.Б., Блюсюк Л.Т. (2023). Фенологічні спостереження в колекціях дендрофлори Ботанічного саду НЛТУ України. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем*: матеріали 73-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2022-2023рр. Львів : РВВ НЛТУ України. С.53-56.

12. Кендзьора Н.З., Івченко А.І., Хом'як Т.В., Блюсюк Н.Л., Коляда Л.Б. (2024). Історичний аспект формування колекції дендрарію Ботанічного саду НЛТУ України. *Лісова освіта і наука: сучасні виклики та перспективи розвитку*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Львів. <https://doi.org/10.36930/conf150.1.33>

13. Кендзьора Н.З., Хомяк Т.В. (2023). Дендрарій Ботанічного саду як природна та історико-культурна спадщина НЛТУ України. *Сучасний стан збереження природного різноманіття та сталого використання ресурсів природно-заповідних територій*: матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 25-річчю створення Яворівського національного природного парку. СМТ Івано-Франкове, Яворівський НПП. С. 134-140.

14. Кошно М. А., Трофименко Н. М. (2005). *Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина II. К.: Фітосоціоцентр, 716 с.*
15. Кошно М.А. (2002). *Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина I.К.: Фітосоціоцентр. 448 с.*
16. Кузнєцов С.І. (2001). *Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева і кущі. Голонасінні. К.: Вища школа. 207 с.*
17. Мазепа М.Г., Ган Т.В., Артемовська Д.В. (2000). Колекція дендрарію Ботанічного саду Українського державного лісотехнічного університету. *Науковий вісник: Охорона біорізноманіття: теоретичні та прикладні аспекти. 10.3:157-161.*
18. Мосякін С.Л. (2013). Родини і порядки квіткових рослин флори України: прагматична класифікація та положення у філогенетичній системі. *Український ботанічний журнал. 70(3):289-307.*
19. Положення про ботанічний сад загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету України. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0275737-12#Text>
20. Постанова від 22 лютого 1991 р. № 33 «Про створення ботанічного саду та дендрологічного парку загальнодержавного значення». <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/33%D0%B0-91-%D0%BF#Text>.
21. Проект організації території Ботанічного саду загальнодержавного значення Національного лісотехнічного університету (2008). Львів.
22. BGCI (Botanic Gardens Conservation International). (2014). *Plant Conservation Report 2014*. <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-81-en.pdf>
23. Bolund, P. & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem Services in Urban Areas. *Ecological Economics. 29:293-301*. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
24. Cavender N, Westwood M, Bechtoldt C, et al. (2015). Strengthening the conservation value of ex situ tree collections. *Oryx. 49(3):416-424*. <https://doi.org/10.1017/S0030605314000866>
25. Chuine, I. (2010). Why does phenology drive species distribution? *Philosophical Transactions of the Royal Society B. 365:3149-3160*. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0142>

26. Chuine, I. and Régnière, J. (2017) Process-Based Models of Phenology for Plants and Animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 48:159-182. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022706>
27. Cleland, E. E., et al. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology & Evolution*. 22(7):357-365. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.003>
28. Cohen, J. E. (2019). Cities and climate change: A review essay. *Population and Development Review*. 45(2):425-435. <https://doi.org/10.1111/padr.12259>
29. Crimmins, M. A., & Crimmins, T. M. (2008). Monitoring plant phenology using digital repeat photography. *Environmental management*. 41:949-958. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9086-6>
30. Daehler, C. C., & Carino, D. A. (2000). Predicting invasive plants: Prospects for a general screening system based on current regional models. *Biological Invasions*. 2(2):93-102. <https://doi.org/10.1023/A:1010002005024>
31. Dukes, J. S., & Mooney, H. A. (1999). Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology & Evolution*. 14(4):135-139. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01554-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01554-7)
32. Forrest, J., & Miller-Rushing, A. J. (2010). Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 365(1555):3101-3112. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0145>
33. Gill, S. E., et al. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*. 33(1):115-133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
34. Hannah, L., et al. (2002). Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology*. 16(1):264-268. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00465.x>
35. Havens, K., et al. (2006). Ex situ plant conservation and beyond. *BioScience*. 56(6):525–531. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[525:ESPCAB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[525:ESPCAB]2.0.CO;2)

36. Heywood, V. H. (2011). The role of botanic gardens as resource and introduction centres in the face of global change. *Biodiversity and Conservation*. 20(2):221-239. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9781-5>
37. Hulme, P. E. (2015). Invasion pathways at a crossroad: Policy and research challenges for managing alien species introductions" *Journal of Applied Ecology*. 52(6):1418-1424. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12470>
38. Jump, A. S., & Peñuelas, J. (2005). Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters*. 8(9):1010-1020. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00796.x>
39. Kendal, D., Williams, K. J., & Williams, N. S. (2012). Plant traits link people's plant preferences to the composition of their gardens. *Landscape and urban planning*. 105(1-2):34-42. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.023>
40. Körner, C. (2007). Climatic treelines: conventions, global patterns, causes (Klimatische Baumgrenzen: Konventionen, globale Muster, Ursachen). *Erdkunde*. 61(4):316-324. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2007.04.02>
41. Kowarik, I., & Säumel, I. (2007). Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 8(4):207-237. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.03.002>
42. Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. 4th Edition, Springer, New York, 513. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-05214-3>
43. Mack, R. N., et al. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*. 10(3):689-710. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)
44. Menzel, A., et al. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*. 12(10):1969-1976. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x>
45. Morin, X., et al. (2009). Leaf phenology in 22 North American tree species during the 21st century. *Ecological Monographs*. 15(4):961-975. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01735.x>

46. Nicotra, A. B., et al. (2010). Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science*. 15(12):684-92. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.09.008>
47. Oldfield, S., Lusty, C., & MacKinven, A. (1998). *The world's endangered trees*. World Conservation Press, Cambridge, 650 p.
48. Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*. 421(6918):37-42. <https://doi.org/10.1038/nature01286>
49. Pauleit, S., Ennos, R., & Golding, Y. (2005). Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change - A study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*. 71(2-4):295-310. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.03.009>
50. Primack, R. B., & Miller-Rushing, A. J. (2009). The role of botanical gardens in climate change research. *Trends in Ecology & Evolution*. 182(2):303-13. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02800.x>
51. Pyšek, P., & Richardson, D. M. (2010). Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual Review of Environment and Resources*. 35(1):25-55. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-033009-095548>
52. Richardson, D. M., & Rejmánek, M. (2011). Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. *Diversity and Distributions*. 17(5):788-809. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00782.x>
53. Richardson, D. M., et al. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. 3(6):14-93. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
54. Sara F. Oldfield (2011). Botanic gardens and the conservation of tree species. *Trends in Plant Science*. 14(11):581-583. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.08.013>
55. Schwartz, M. D. (2013). *Phenology: An Integrative Environmental Science*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6925-0>
56. Simberloff, D. (2009). We can eliminate invasions or live with them. Successful management projects. *Biological Invasions*. 11(1):149-157. <https://doi.org/10.1007/s10530-008-9317-z>

57. Simberloff, D., et al. (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*. 28(1):58-66. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>
58. Takhtajan A. (1997). *Diversity and classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press. 643 p.
59. Thuiller, W., et al. (2008). Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 9:137-152. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.09.004>
60. Tyniecki, W. Z. (1896). Z ogrodu botanicznego Krajowej szkoły gospodarstwa lasowego we Lwowe. *Sylwan*. T. 14. S. 206–210; 412–421.
61. Urban, M. C., et al. (2016). Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science*. 353 (6304):aad8466. <https://doi.org/10.1126/science.aad8466>
62. Valladares, F., et al. (2014). The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. *Ecology Letters*. 17(11):1351-1364. <https://doi.org/10.1111/ele.12348>
63. Wulff E. und Bouillon J. (2024). Erstellung einer neuen Winterhärtezonenkarte für Europa unter Berücksichtigung mesoklimatischer Effekte. *Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. (MDDG)*. 109:81-98. https://ddg-web.de/files/DDG-Bilder/WHZ/MDDG_109_2024_081-098_Wulff_Bouillon_Neue-Winterhaertenzonen-fuer-Europa.pdf
64. Wullschleger, S. D., et al. (2002). Plant functional types in Earth system models: Past experiences and future directions for application of dynamic vegetation models in ecosystem and climate research. *Global Change Biology. Plant functional types in Earth System Models: past experiences and future directions for application of dynamic vegetation models in high-latitude ecosystems*. *Annals of Botany*. 114(1):1-16. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu077>

Додатки

Додаток 1. Визначення таксономічної структури колекції деревних рослин дендрарію Ботанічного саду

ВІДДІЛ	КЛАС	ПІДКЛАС	ПОРЯДОК	РОДИНА	ПІДРОДИНА	РІД	ВИД	ПІДВИД. ФОРМА. КУЛЬТИВАР							
PINOPHYTA ГОЛОНАСІННІ	GINKGOPSIDA ГІНКГОПОДІБНІ		GINKGOALES ГІНКГОВІ	GINKGACEAE ГІНКГОВІ		GINKGO ГІНКГО	Ginkgo biloba L.								
	PINOPSIDA ХВОЙНІ		TAXALES ТИСОВІ	TAXACEAE ТИСОВІ		TAXUS ТИС	Taxus baccata L.								
				TAXODIACEAE ТАКСОДІЄВІ		МЕТАСЕКУОІА МЕТАСЕКВОЯ	Metasequoia glyptostroboides Hu et Cheng								
			PINALES СОСНОВІ	PINACEAE СОСНОВІ					ABIES ЯЛИЦЯ	Abies nordmanniana Steven Spach					
										Abies veitchii Lindl.					
									PSEUDOTSUGA ПСЕВДОТСУГА	Pseudotsuga menziesii Mirb. Franco					
									TSUGA ТСУГА	Tsuga canadensis L. Carr.					
									PICEA ЯЛИНА	Picea abies L. Karst.					
										Picea glauca Moench. Voss.					
										Picea pungens Engelm.*	Picea pungens Engelm. 'Glauca'				
										Picea rubra Link.					
									LARIX МОДРИНА					Larix decidua Mill.	
									PINUS СОСНА	Pinus cembra L.					
										Pinus nigra J.F. Arnold*	Pinus nigra J.F. Arnold subsp. pallasiana Lamb. Holmboe				
										Pinus peuce Griseb.					
										Pinus strobus L.					
			Pinus wallichiana A.B.Jacks.												
			JUNIPERUS ЯЛІВЕЦЬ	Juniperus chinensis L.											
				Juniperus communis L.*	Juniperus communis L. 'Hibernica'										
				Juniperus sabina L.	Juniperus sabina L. 'Tamariscifolia'										
			CHAMAECYPARIS КИПАРИСОВИК	Chamaecyparis lawsoniana Parl.											
Chamaecyparis pisifera Sieb.et Zucc.	Chamaecyparis pisifera Sieb.et Zucc. 'Plumosa' Chamaecyparis pisifera Sieb.et Zucc. 'Squarrosa'														
THUJA					Thuja occidentalis L.	Thuja occidentalis L. 'Globosa'									

						ТУЯ		Thuja occidentalis L. 'Aurea Globosa'			
								Thuja occidentalis L. 'Aureospicata'			
								Thuja occidentalis L. 'Aurea'			
							Thuja plicata D. Don				
		MAGNOLIIDAE МАГНОЛІЇДИ	MAGNOLIALES МАГНОЛІЄЦВІТІ	MAGNOLIACEAE МАГНОЛІЄВІ		MAGNOLIA МАГНОЛІЯ	Magnolia kobus DC.	Magnolia kobus DC. var. borealis Sarg.			
		RANUNCULIDAE РАНУНКУЛІДИ	RANUNCULALES ЖОВТЕЦЕВОЦВІТІ	BERBERIDACEAE БАРБАРИСОВІ		BERBERIS БАРБАРИС	Berberis ottawensis Schneid.*	Berberis ottawensis var. purpurea Schneid.			
							Berberis julianae Schneid.				
							Berberis thunbergii DC.*	Berberis thunbergii DC. 'Microphylla'			
								Berberis thunbergii DC. 'Minor'			
						MAHONIA МАГОНІЯ	Mahonia aquifolium Pursh Nutt.				
		HAMAMELIDAE ГАМАМЕЛІДІДИ	CERCIDIPHYLLALES БАГРЯНИКОЦВІТІ	CERCIDIPHYLLACEAE БАГРЯНИКОВІ		CERCIDIPHYLLUM БАГРЯНИК	Cercidiphyllum japonicum Sieb.et Zucc.				
			EUCOMMIALES ЕВКОМІЄЦВІТІ	EUCOMMIACEAE ЕВКОМІЄВІ		EUCOMMIA ЕВКОМІЯ	Eucommia ulmoides Oliv.				
			HAMAMELIDALES ГАМАМЕЛІДОЦВІТІ	HAMAMELIDACEAE ГАМАМЕЛІДОВІ	PLATANACEAE ПЛАТАНОВІ		PLATANUS ПЛАТАН	Hamamelis virginiana L.			
								Platanus acerifolia Willd.			
			BUXALES САМШИТОЦВІТІ	BUXACEAE САМШИТОВІ			BUXUS САМШИТ	Buxus sempervirens L.			
		FAGALES БУКОЦВІТІ	FAGACEAE БУКОВІ			FAGUS БУК	Fagus sylvatica L.	Fagus sylvatica L. 'Purpurea'			
								Fagus sylvatica L. 'Rotundifolia'			
						Fagus sylvatica L. 'Laciniata'					
						Fagus sylvatica L. 'Pendula'					
						CASTANEA КАШТАН	QUERCUS ДУБ	Castanea sativa Mill.		Quercus acutissima Carruth.	
								Quercus cerris L.			
								Quercus imbricaria Michx.			
				Quercus macrocarpa Michx.		Quercus petraea Matt. Liebl.					
				Quercus robur L.		Quercus rubra L.					
		BETULALES БЕРЕЗОЦВІТІ	BETULACEAE БЕРЕЗОВІ			OSTRYA ХМЕЛЕГРАБ	Ostrya carpinifolia Scop.				
							CORYLUS ЛІЩИНА	Corylus avellana L.			
		JUGLANDALES ГОРІХОЦВІТІ	JUGLANDACEAE ГОРІХОВІ			JUGLANS ГОРІХ	Juglans intermedia Carr.				
							Juglans cinerea L.				

							Juglans nigra L.			
							Juglans regia L.			
						CARYA КАРІЯ	Carya cordiformis Wandh. K. Koch			
							Carya laciniosa Michx. Loud.			
							Carya ovata Mill. K. Koch			
						PTEROCARYA ПТЕРОКАРІЯ	Pterocarya fraxinifolia Lam. ex Poir. Spach			
							Ulmus glabra Huds.			
		URTICALES КРОПИВОЦВІТИ	ULMACEAE В'ЯЗОВІ			ULMUS В'ЯЗ	Ulmus laevis Pall.			
								Ulmus suberosa L.		
						CELTIS КАРКАС	Celtis occidentalis L.			
							BROUSSONETIA БРУСОНЕТІЯ	Broussonetia papyrifera L. Vent		
			MORACEAE ШОВКОВИЦЕВИ			MACLURA МАКЛІЮРА	Maclura pomifera Raf. Schneid.			
	DILLENIIDAE ДІЛЕНІДИ	ACTINIDIALES АКТИНІДІСЦВІТИ	ACTINIDIACEAE АКТИНІДІСВИ			ACTINIDIA АКТИНІДІЯ	Actinidia arguta Sieb. et Zucc. Miq.			
		ERICALES ВЕРЕСОЦВІТИ	ERICACEAE ВЕРЕСОВІ			RHODODENDRON РОДОДЕНДРОН	Rhododendron indicum L. Sweet			
							Rhododendron sichotense Pojark.			
		SALICALES ВЕРЬОЦВІТИ	SALICACEAE ВЕРЬОВІ			SALIX ВЕРБА	Salix alba L.*	Salix alba L. 'Vittellina Pendula'		
								Salix matsudana Koidz.*	Salix matsudana Koidz. 'Tortuosa'	
							Salix repens L.*	Salix repens L. 'Argentea'		
						POPULUS ТОПОЛЯ	Populus alba L.	Populus alba L. 'Globosa'		
		MALVALES МАЛЬВОЦВІТИ	TILIACEAE ЛИПОВІ			TILIA ЛИПА	Tilia cordata Mill.			
								Tilia europaea L.		
				MALVACEAE МАЛЬВОВІ			HIBISCUS ГІБІСК	Hibiscus syriacus L.		
	SAXIFRAGALES ЛОМИКАМЕНЕВОЦВІТИ	GROSSULARIACEAE АГРУСОВІ			RIBES СМОРОДИНА	Ribes rubrum L.				
							Ribes sanguineum Pursh			
		PAEONIACEAE ПІВОНІСВИ			PAEONIA ПІВОНІЯ	Paeonia suffruticosa Andr.				
	ROSIDAE РОЗІДИ	ROSALES РОЗОЦВІТИ	ROSACEAE РОЗОВІ	SPIRAEOIDEAE СПІРЕЙНІ	SPIRAEA СПІРЕЯ	Spiraea × billiardii Dipp. Herincq.				
									Spiraea × cinerea Zabel*	Spiraea × cinerea Zabel 'Grefsheim'
									Spiraea gemmata Zab.	
									Spiraea × vanhouttei Briot Zab.	
						Spiraea douglasii Hook.				

							Spiraea japonica L.	Spiraea japonica L. 'Little Princess'
							Spiraea salicifolia L.	Spiraea japonica L. 'Macrophylla'
							Spiraea sp.	
						PHYSOCARPUS ПУХИРОПЛІДНИК	Physocarpus opulifolius L. Maxim.	
						СТЕФАНАНДРА СТЕФАНАНДРА	Stephanandra inciza Thunb. Zabel	
							Rosa canina L.	
							Rosa davurica Pall.	
						ROSA ШИПШИНА	Rosa multiflora Thunb.	Rosa multiflora Thunb. 'Crimson Rambler'
							Rosa pendulina L.	
						KERRIA КЕРІЯ	Kerria japonica L. DC.	
						PRUNUS СЛИВА	Prunus divaricata Ledeb.	Prunus divaricata Ledeb. f. atropurpurea Jacq
							Prunus serrulata Lindl.	
						PRUNOIDEAE СЛИВОВІ	Padus avium Mill.	
						PADUS ЧЕРЕМХА	Padus virginiana L.	
						LAUROCERASUS ЛАВРОВИШНЯ	Laurocerasus officinalis Roem.	
						CHAENOMELES ХЕНОМЕЛЕС	Chaenomeles japonica Thunb. Lindl.	
						AMELANCHIER ІРГА	Amelanchier ovalis Medik.	
						CRATAEGUS ГЛІД	Crataegus coccinoides Ashe.	
							Crataegus monogyna Jacq.	
						PYRACANTHA ПІРАКАНТА	Pyracantha coccinea M. Roem.	
						SORBUS ГОРОБИНА	Sorbus torminalis L. Crantz.	
							Cotoneaster horizontalis Decaisne	
						COTONEASTER КІЗИЛЬНИК	Cotoneaster integerrimus Medicus	
							Cotoneaster nitens Rehd. et Wils.	
						AMORPHA АМОРФА	Amorpha fruticosa L.	
						GLEDTISIA ГЛЕДИЧІЯ	Gleditsia triacanthos L.	
			FABALES БОБОВОЦВІТІ	FABACEAE БОБОВІ		GYMNOCLADUS БУНДУК	Gymnocladus dioica L. K. Koch	
						LABURNUM	Laburnum anagyroides Medic.	

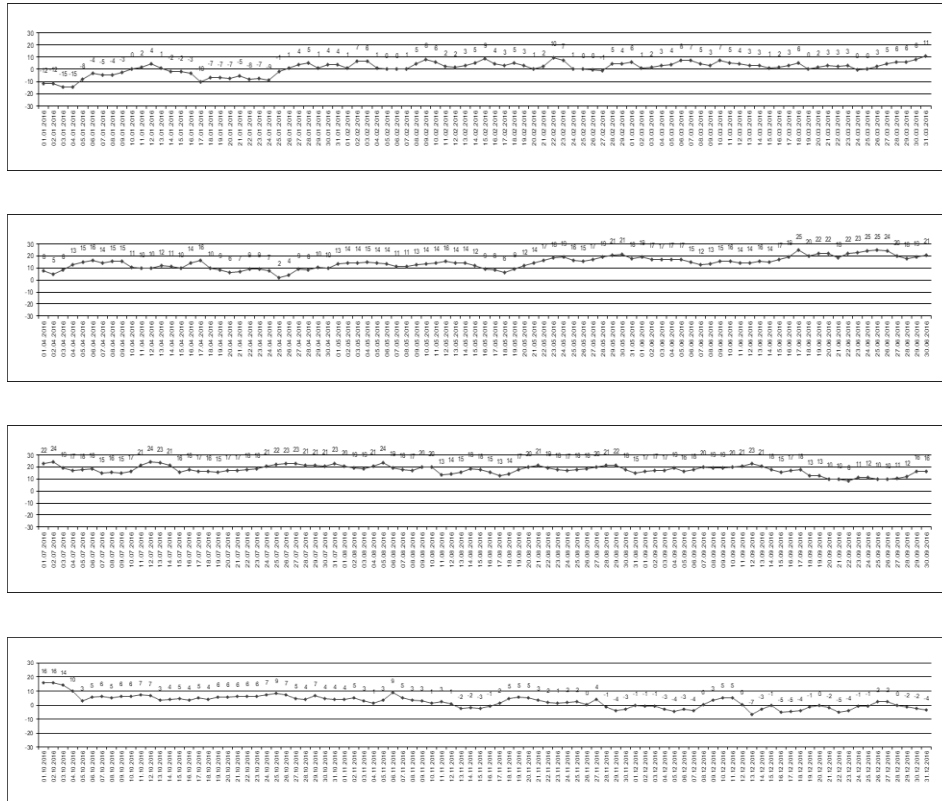
					БОБІВНИК (ЗОЛОТИЙ ДОЩ)		
					РОБІНІА РОБІНІА (БІЛА АКАЦІЯ)	Robinia pseudoacacia L.*	Robinia pseudoacacia L. 'Inermis'
					СТУРНОЛОБІУМ СТАФІЛОБІУМ	Styphnolobium japonicum L. Schott	
	SAPINDALES САПІНДОВОЦВІТІ	ACERACEAE КЛЕНОВІ			АСЕР КЛЕН	Acer campestre L. Acer mandshuricum Maxim. Acer saccharum Marsh.*	Acer saccharum Marsh. 'Barbatum'
	SAPINDALES САПІНДОВОЦВІТІ	HIRPOCASTANACEAE ГІРКОКАШТАНОВІ			АЕСКУЛУС ГІРКОКАШТАН	Aesculus hybrida DC. Aesculus octandra Marsh	
	RUTALES РУТОЦВІТІ	RUTACEAE РУТОВІ			ПЕЛЛОДЕНДРОН ОКСАМІТНИК	Phellodendron amurense Rupr.	
					ПЕЛЕА ПТЕЛЕЯ	Pelea trifoliata L.	
					ЗАНТОХИЛУМ ЗАНТОКСИЛИУМ	Zanthoxylum americanum Mill.	
		ANACARDIACEAE СУМАХОВІ (АНАКАРДІЄВІ)			КОТІНУС СКУМПІЯ	Cotinus coggygria Scop.	
	CELASTRALES БРУСЛИНОЦВІТІ	CELASTRACEAE – родина БРУСЛИНОВІ			ЕУОНЫМУС БРУСЛИНА	Euonymus alata Thunb. Sieb. Euonymus europaea L. Euonymus fortunei Turcz. Hand.-Mazz.	
	VITALES ВИНОГРАДОЦВІТІ	VITACEAE ВИНОГРАДОВІ			ВІТІС ВИНОГРАД	Vitis vinifera L. Vitis vulpina L. Vitis aestivalis Michx.	
					ПАРТЕНОЦИССУС ДІВОЧИЙ ВИНОГРАД	Parthenocissus quinquefolia L. Planch.	
	HYDRANGEALES ГОРТЕНЗІЄЦВІТІ	HYDRANGEACEAE ГОРТЕНЗІЄВІ			ГІДРАНГЕА ГОРТЕНЗІЯ	Hydrangea bretschneideri Dipp.	
					ФІЛАДЕЛФУС САДОВИЙ ЖАСМИН	Philadelphus caucasicus Koehne Philadelphus coronarius L. Philadelphus inodorus L. Philadelphus grandiflorus Willd. Philadelphus hirsutus Nutt. Philadelphus monstrosus Rehd. Philadelphus pekinensis Rupr. Philadelphus virginialis Rehd.	
					ДЕУТЗІА ДЕЙЦІЯ	Deutzia scabra Thunb.*	Deutzia scabra Thunb. 'Candidissima'
	CORNALES ДЕРНОЦВІТІ (КІЗИЛОЦВІТІ)	CORNACEAE ДЕРНОВІ (КІЗИЛОВІ)			КОРНУС ДЕРЕВ (КІЗИЛ)	Cornus mas L.	Cornus mas L. 'Albocarpa'
					СВІДА	Swida alba L.	

						СВИДИНА	Swida sanguinea L.		
			ARALIALES АРАЛІЄЦВІТІ	ARALIACEAE АРАЛІЄВІ		ACANTHOPANAX АКАНТОПАНАКС	Acanthopanax sieboldianus Makino		
						HEDERA ПЛЮЩ	Hedera helix L.		
			DIPSACALES ЧЕРСАКОЦВІТІ	SAPRIFOLIACEAE ЖИМОЛОСТЕВІ		LONICERA ЖИМОЛОСТЬ	Lonicera coerulea L.		
							Lonicera maackii Rupr. Maxim		
							Lonicera tatarica L.		
							Lonicera xylosteum L.		
						WEIGELA ВЕЙГЕЛА	Weigela florida Bge. A. DC.		
						SYMPHORICARPOS СНІЖГОЯГДНИК	Symphoricarpos albus L. S.F.Blake		
							Symphoricarpos orbiculatus Moench		
				KOLKWITZIA КОЛЬКВІКЦІЯ	Kolkwitzia amabilis Graebn.				
			VIBURNACEAE КАЛИНОВІ	VIBURNUM КАЛИНА	Viburnum lantana L.				
					Viburnum opulus L.	Viburnum opulus L. 'Roseum'			
			SAMBUCACEAE БУЗИНОВІ	SAMBUCUS БУЗИНА	Sambucus nigra L.				
		LAMIIDAE ЛАМІІДИ	OLEALES МАСЛИНОЦВІТІ	OLEACEAE МАСЛИНОВІ		FRAXINUS ЯСЕН	Fraxinus excelsior L.	Fraxinus excelsior L. 'Monophylla'	
								Fraxinus lanceolata Borkh.	
							SYRINGA БУЗОК	Syringa josikaea Jacq. f.	
								Syringa vulgaris L.	Syringa vulgaris L. 'Plena'
							FORSYTHIA ФОРЗИЦІЯ	Forsythia intermedia Zab.	
			Forsythia suspensa Thunb. Vahl.						
				LIGUSTRUM БИРЮЧИНА	Ligustrum vulgare L.				
			SCROPHULARIALES РАННИКОЦВІТІ	BIGNONIACEAE БІГНОНІЄВІ		CATALPA КАТАЛЬПА	Catalpa bignonioides Walt.		
							Catalpa hybrida Spaeth.		
Σ	2	3	6	30	40	4	87	159	50

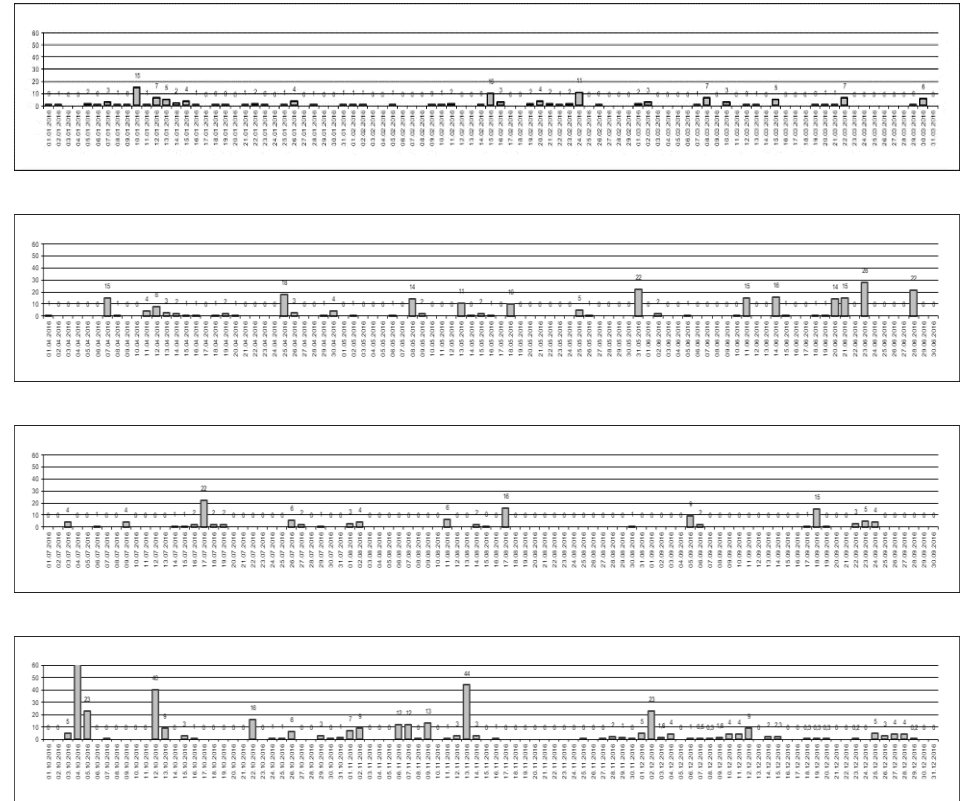
Примітка: * – вид представлений лише культиварами, формами чи підвидом.

Додаток 2. Графіки основних метеофакторів, що впливають на ріст і розвиток рослин

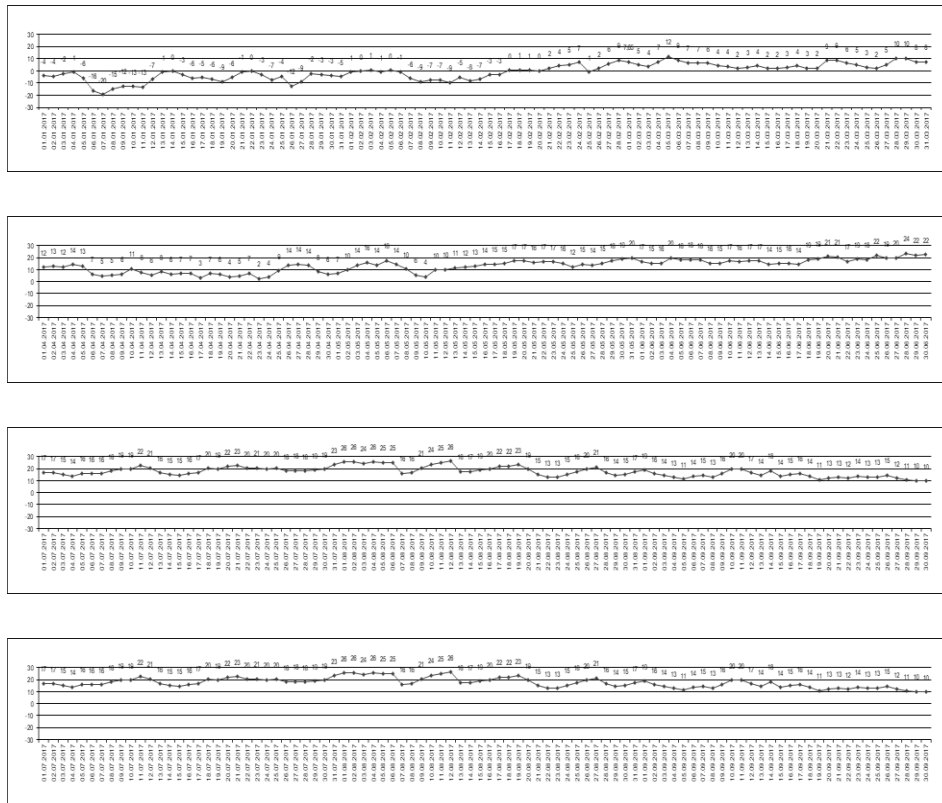
2.1.1. Графіки середньодобових температур за період досліджень з січня до грудня 2016 року (°C).



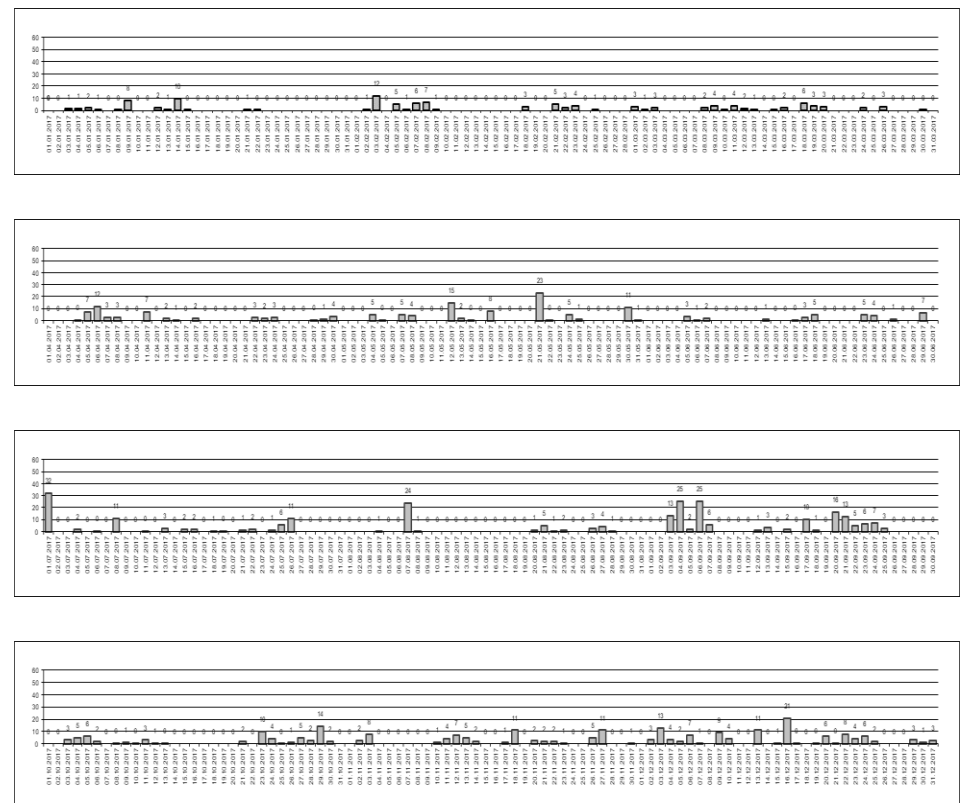
2.1.2. Добові графіки опадів, що випадали за період досліджень з січня до грудня 2016 року (мм/добу).



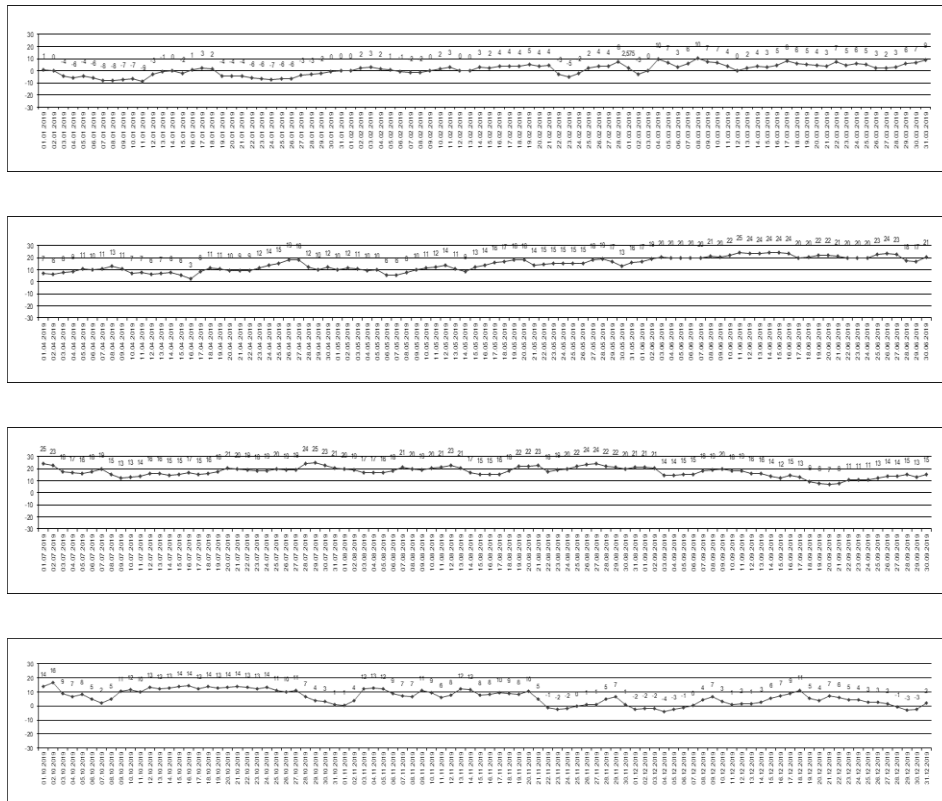
2.2.1. Графіки середньодобових температур за період досліджень з січня до грудня 2017 року (°C).



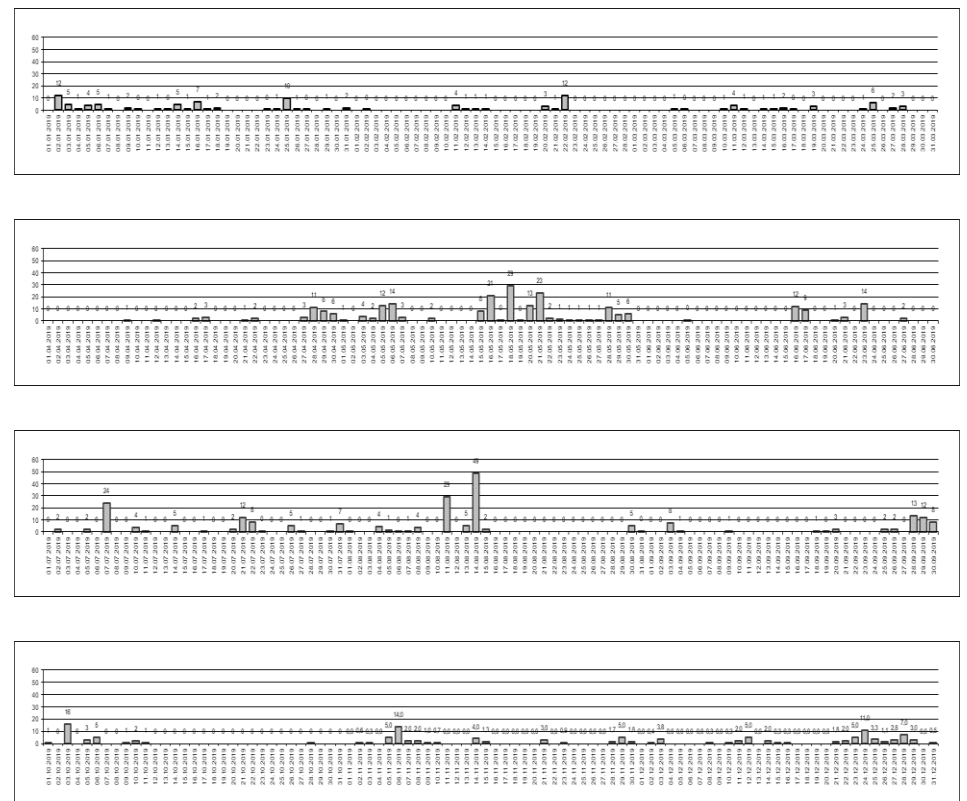
2.2.2. Добові графіки опадів, що випадали за період досліджень з січня до грудня 2017 року (мм/добу).



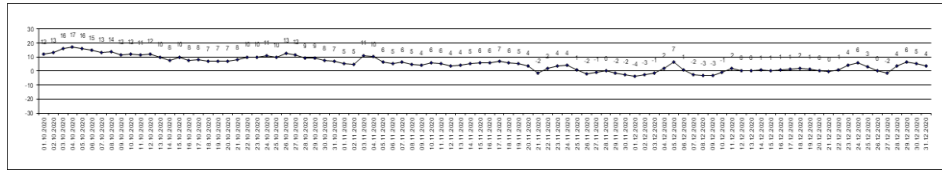
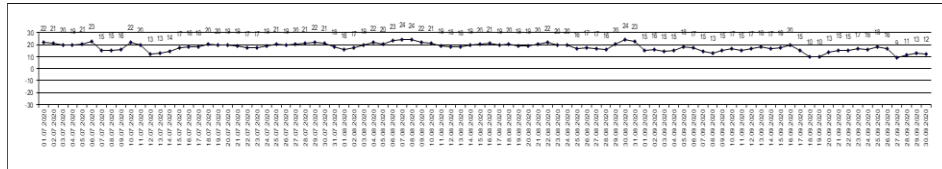
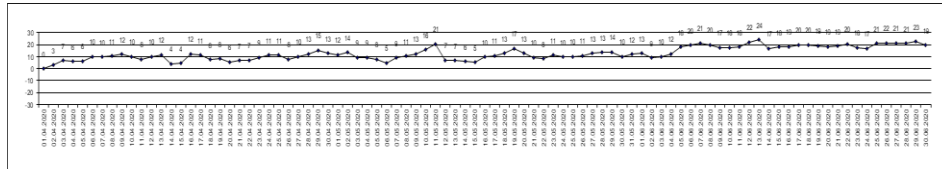
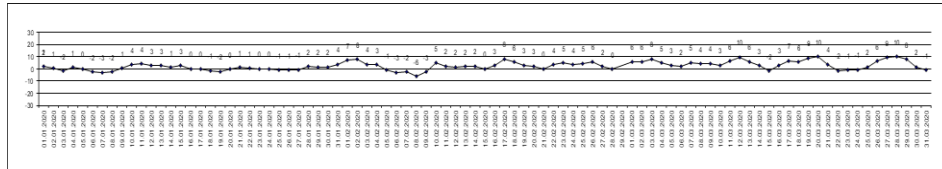
2.4.1. Графіки середньодобових температур за період досліджень з січня до грудня 2019 року (°C).



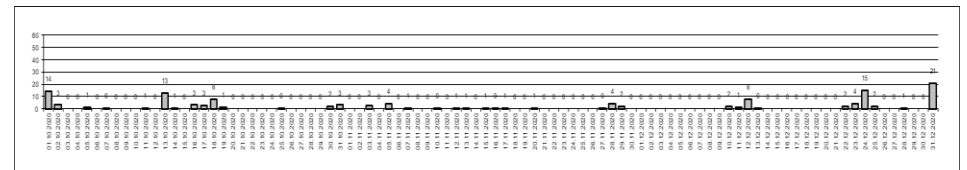
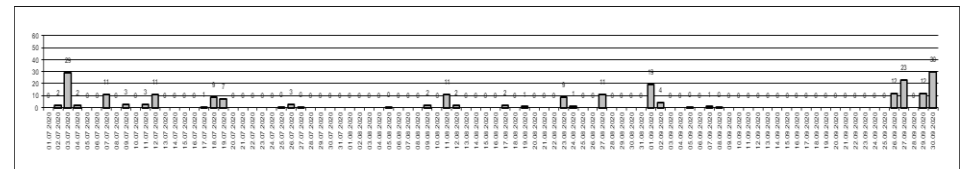
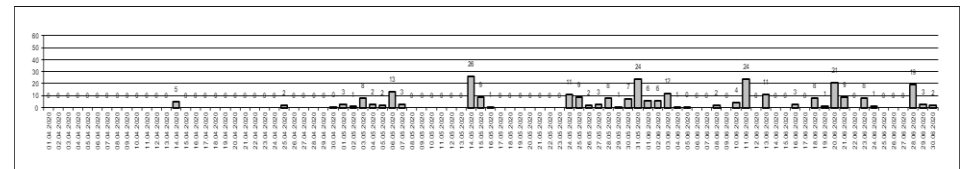
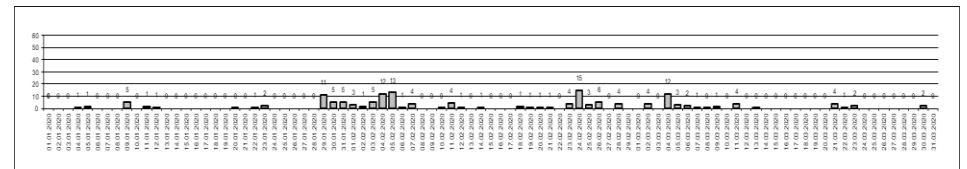
2.4.2. Добові графіки опадів, що випадали за період досліджень з січня до грудня 2019 року (мм/добу).



2.5.1. Графіки середньодобових температур за період досліджень з січня до грудня 2020 року (°C).



2.5.2. Добові графіки опадів, що випадали за період досліджень з січня до грудня 2020 року (мм/добу).



Додаток 4. Фенологія періоду вегетації

4.1. Розподіл таксонів дендрарію на феногрупи за початком вегетації

	ДРПВ	РПВ	СПВ	ППВ	ДППВ
Таксони	<p><i>Berberis thunbergii</i> DC. 'Minor' <i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl. <i>Cotoneaster integerrimus</i> Medicus <i>Cotoneaster nitens</i> Rehd. et Wils. <i>Deutzia scabra</i> Thunb. 'Candidissima' <i>Hydrangea bretschederi</i> Dipp. <i>Kerria japonica</i> (L.) DC. <i>Kolkwitzia amabilis</i> Graebn. <i>Lonicera coerulea</i> L. <i>Lonicera tatarica</i> L. <i>Padus virginiana</i> L. <i>Paeonia suffruticosa</i> Andr. <i>Philadelphus caucasicus</i> Koehne <i>Philadelphus coronarius</i> L. <i>Philadelphus grandiflorus</i> Willd. <i>Philadelphus inodorus</i> L. <i>Philadelphus</i> sp. <i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. <i>Ribes sanguineum</i> Pursh <i>Rosa multiflora</i> Thunb. <i>Rosa pendulina</i> L. <i>Salix alba</i> L. 'Vittellina Pendula' <i>Sambucus nigra</i> L. <i>Spiraea japonica</i> L. <i>Spiraea japonica</i> L. 'Little Princess' <i>Stephanandra inciza</i> (Thunb.) Zabel <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) Blake <i>Syringa josikaea</i> Jacq. f. <i>Syringa vulgaris</i> L. <i>Ulmus glabra</i> Huds. <i>Viburnum opulus</i> L.</p>	<p><i>Acanthopanax sieboldianus</i> Makino <i>Acer mandshuricum</i> Maxim. <i>Amelanchier ovalis</i> Medik. <i>Berberis ottawensis</i> var. <i>purpurea</i> Schneid. <i>Corylus avellana</i> L. <i>Crataegus coccinoides</i> Ashe. <i>Crataegus monogyna</i> Jacq. <i>Euonymus alata</i> (Thunb.) Sieb. <i>Lonicera xylosteum</i> L. <i>Padus avium</i> Mill. <i>Philadelphus coronarius</i> L. 'Nana' <i>Philadelphus hirsutus</i> Nutt. <i>Philadelphus pekinensis</i> Rupr. <i>Philadelphus virginialis</i> Rehd. <i>Prunus serrulata</i> Lindl. <i>Swida alba</i> L. <i>Viburnum opulus</i> L. 'Roseum'</p>	<p><i>Aesculus hybrida</i> DC. <i>Cercidiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc. <i>Cornus mas</i> L. <i>Cornus mas</i> L. 'Albocarpa' <i>Cotinus coggygria</i> Scop. <i>Eucommia ulmoides</i> Oliv. <i>Forsythia intermedia</i> Zab. <i>Forsythia suspensa</i> (Thunb.) Vahl. <i>Hamamelis virginiana</i> L. <i>Laburnum anagyroides</i> Medic. <i>Magnolia kobus</i> DC. <i>Magnolia kobus</i> DC. var. <i>borealis</i> Sarg. <i>Ostrya carpinifolia</i> Scop. <i>Philadelphus monstrosum</i> Rehd. <i>Pterocarya fraxinifolia</i> (Lam. ex Poir.) Spach <i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz. <i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench <i>Tilia cordata</i> Mill. <i>Tilia europaea</i> L. <i>Tilia platyphyllos</i> Scop. <i>Viburnum lantana</i> L. <i>Weigela florida</i> (Bge.) A. DC. <i>Zanthoxylum americanum</i> Mill.</p>	<p><i>Acer campestre</i> L. <i>Castanea sativa</i> Mill. <i>Celtis occidentalis</i> L. <i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Fagus sylvatica</i> L. 'Pendula' <i>Fagus sylvatica</i> L. 'Purpurea' <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh. <i>Ginkgo biloba</i> L. <i>Hibiscus syriacus</i> L. <i>Phellodendron amurense</i> Rupr. <i>Quercus acutissima</i> Carruth. <i>Styphnolobium japonicum</i> (L.) Schott</p>	<p><i>Amorpha fruticosa</i> L. <i>Catalpa bignonioides</i> Walt. <i>Catalpa hybrida</i> Spaeth. <i>Fagus sylvatica</i> L. 'Laciniata' <i>Fagus sylvatica</i> L. 'Rotundifolia' <i>Fraxinus excelsior</i> 'Monophylla' <i>Gleditsia triacanthos</i> L. <i>Gymnocladus dioica</i> (L.) K. Koch <i>Maclura pomifera</i> (Raf.) Schneid. <i>Ptelea trifoliata</i> L.</p>
Календарний інтервал, дати	до 11 березня	11 березня – 20 березня	21 березня – 31 березня	1 квітня – 10 квітня	після 10 квітня
Середня похибка, днів	5,0 (1,7-9,1)	4,7 (1,5-7,5)	3,5 (1,0-5,4)	2,2 (1,2-3,8)	3,3 (0,7-6,6)

4.2. Розподіл таксонів дендрарію на феногрупи за закінчення вегетації

	ДРЗВ	РЗВ	СЗВ	ПЗВ	ДПЗВ
Таксони	Aesculus hybrida DC. Amelanchier ovalis Medik. Euonymus alata (Thunb.) Sieb. Hamamelis virginiana L. Padus avium Mill. Phellodendron amurense Rupr. Sambucus nigra L. Sorbus torminalis (L.) Crantz.	Acer campestre L. Acer mandshuricum Maxim. Amorpha fruticosa L. Catalpa bignonioides Walt. Catalpa hybrida Spaeth. Cercidiphyllum japonicum Sieb.et Zucc. Crataegus monogyna Jacq. Forsythia suspensa (Thunb.) Vahl. Fraxinus lanceolata Borkh. Ginkgo biloba L. Gymnocladus dioicus (L.) K. Koch Lonicera coerulea L. Lonicera tatarica L. Lonicera xylosteum L. Magnolia kobus DC. Magnolia kobus DC. var. borealis Sarg. Padus virginiana L. Rosa pendulina L. Syringa josikaea Jacq. f. Tilia cordata Mill. Tilia europaea L. Tilia platyphyllos Scop. Zanthoxylum americanum Mill.	Berberis thunbergii DC. 'Minor' Castanea sativa Mill. Corylus avellana L. Crataegus coccinoides Ashe. Fagus sylvatica L. Fagus sylvatica L. 'Purpurea' Gleditsia triacanthos L. Hibiscus syriacus L. Hydrangea bretschneideri Dipp. Laburnum anagyroides Medic. Philadelphus caucasicus Koehne Philadelphus hirsutus Nutt. Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. Prunus serrulata Lindl. Quercus acutissima Carruth. Spiraea japonica L. Styphnolobium japonicum (L.) Schott Syringa vulgaris L. Ulmus glabra Huds. Viburnum opulus L. Viburnum opulus L. 'Roseum'	Acanthopanax sieboldianus Makino Berberis ottawensis var. purpurea Schneid. Celtis occidentalis L. Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl. Cornus mas L. Cotoneaster nitens Rehd. et Wils. Eucommia ulmoides Oliv. Fagus sylvatica L. 'Laciniata' Fagus sylvatica L. 'Pendula' Fagus sylvatica L. 'Rotundifolia' Kolkwitzia amabilis Graebn. Ostrya carpinifolia Scop. Paeonia suffruticosa Andr. Philadelphus coronarius L. Philadelphus monstrosus Rehd. Philadelphus pekinensis Rupr. Philadelphus sp. Philadelphus virginialis Rehd. Ptelea trifoliata L. Pterocarya fraxinifolia (Lam. ex Poir.) Spach Ribes sanguineum Pursh Viburnum lantana L. Weigela florida (Bge.) A. DC.	Cornus mas L. 'Albocarpa' Cotinus coggygria Scop. Cotoneaster integerrimus Medicus Deutzia scabra Thunb. 'Candidissima' Forsythia intermedia Zab. Fraxinus excelsior 'Monophylla' Kerria japonica (L.) DC. Maclura pomifera (Raf.) Schneid. Philadelphus coronarius L. 'Nana' Philadelphus grandiflorus Willd. Philadelphus inodorus L. Rosa multiflora Thunb. Salix alba L. 'Vittelina Pendula' Spiraea japonica L. 'Little Princess' Stephanandra inciza (Thunb.) Zabel Swida alba L. Symphoricarpos albus (L.) Blake Symphoricarpos orbiculatus Moench
Календарний інтервал, дати	до 11 жовтня	11 жовтня – 20 жовтня	21 жовтня – 31 жовтня	1 листопада – 10 листопада	після 10 листопада
Середня похибка, діб	3,7 (1,9-7,6)	3,4 (1,0-7,6)	3,0 (1,3-5,5)	3,2 (1,2-10,5)	4,3 (1,9-10,7)

4.3. Розподіл таксонів дендрарію на феногрупи за тривалістю вегетації

	ДКВ	КВ	СВ	ТВ	ДТВ
Таксони	–	Aesculus hybrida DC. Amorpha fruticosa L. Catalpa bignonioides Walt. Catalpa hybrida Spaeth. Fraxinus lanceolata Borkh. Gleditsia triacanthos L. Gymnocladus dioicus (L.) K. Koch Phellodendron amurense Rupr. Sorbus torminalis (L.) Crantz.	Acer campestre L. Acer mandshuricum Maxim. Amelanchier ovalis Medik. Castanea sativa Mill. Celtis occidentalis L. Cercidiphyllum japonicum Sieb. et Zucc. Euonymus alata (Thunb.) Sieb. Fagus sylvatica L. Fagus sylvatica L. 'Laciniata' Fagus sylvatica L. 'Purpurea' Fagus sylvatica L. 'Rotundifolia' Forsythia suspensa (Thunb.) Vahl. Ginkgo biloba L. Hamamelis virginiana L. Hibiscus syriacus L. Laburnum anagyroides Medic. Magnolia kobus DC. Magnolia kobus DC. var. borealis Sarg. Padus avium Mill. Ptelea trifoliata L. Quercus acutissima Carruth. Styphnolobium japonicum (L.) Schott Tilia cordata Mill. Tilia europaea L. Tilia platyphyllos Scop. Zanthoxylum americanum Mill.	Cornus mas L. Corylus avellana L. Cotinus coggygria Scop. Crataegus coccinoides Ashe. Crataegus monogyna Jacq. Eucommia ulmoides Oliv. Fagus sylvatica L. 'Pendula' Fraxinus excelsior 'Monophylla' Hydrangea bretschneideri Dipp. Lonicera xylosteum L. Maclura pomifera (Raf.) Schneid. Ostrya carpinifolia Scop. Padus virginiana L. Philadelphus hirsutus Nutt. Philadelphus monstroosus Rehd. Philadelphus virginialis Rehd. Prunus serrulata Lindl. Pterocarya fraxinifolia (Lam. ex Poir.) Spach Sambucus nigra L. Weigela florida (Bge.) A. DC.	Acanthopanax sieboldianus Makino Berberis ottawensis var. purpurea Schneid. Berberis thunbergii DC. 'Minor' Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl. Cornus mas L. 'Albocarpa' Cotoneaster integerrimus Medicus Cotoneaster nitens Rehd. et Wils. Deutzia scabra Thunb. 'Candidissima' Forsythia intermedia Zab. Kerria japonica (L.) DC. Kolkwitzia amabilis Graebn. Lonicera coerulea L. Lonicera tatarica L. Paeonia suffruticosa Andr. Philadelphus caucasicus Koehne Philadelphus coronarius L. Philadelphus coronarius L. 'Nana' Philadelphus grandiflorus Willd. Philadelphus inodorus L. Philadelphus pekinensis Rupr. Philadelphus sp. Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. Ribes sanguineum Pursh Rosa multiflora Thunb. Rosa pendulina L. Salix alba L. 'Vittelina Pendula' Spiraea japonica L. Spiraea japonica L. 'Little Princess' Stephanandra inciza (Thunb.) Zabel Swida alba L. Symphoricarpos albus (L.) Blake Symphoricarpos orbiculatus Moench Syringa josikaea Jacq. f. Syringa vulgaris L. Ulmus glabra Huds. Viburnum lantana L. Viburnum opulus L. Viburnum opulus L. 'Roseum'
Довжина періоду, діб	до 171 доби	171–190 діб	191–210 діб	211–230 діб	понад 230 діб
Середня похибка, діб	–	4,5 (2,7-7,4)	4,1 (1,0-10,0)	6,1 (3,0-11,0)	6,2 (1,4-14,9)
Коефіцієнт варіації, %%	–	5,5 (2,5-8,8)	4,2 (0,9-8,7)	5,6 (3,2-8,9)	5,2 (1,3-13,2)
Показник точності, %%	–	2,5 (1,4-3,9)	2,0 (0,5-5,0)	2,7 (1,4-4,9)	2,5 (0,6-5,9)

Додаток 5. Фенологія періоду цвітіння

5.1. Розподіл таксонів дендрарію на феногрупи за початком цвітіння

	ДРПЦ	РПЦ	СПЦ	ППЦ	ДППЦ
Таксони	Cornus mas L. Cornus mas L. 'Albocarpa' Corylus avellana L. Taxus baccata L.	Acer mandshuricum Maxim. Amelanchier ovalis Medik. Berberis thunbergii DC. 'Minor' Buxus sempervirens L. Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl. Forsythia intermedia Zab. Forsythia suspensa (Thunb.) Vahl. Kerria japonica (L.) DC. Lonicera coerulea L. Magnolia kobus DC. Magnolia kobus DC. var. borealis Sarg. Mahonia aquifolium (Pursh) Nutt. Ostrya carpinifolia Scop. Padus virginiana L. Rhododendron sichotense Pojark. Ribes sanguineum Pursh Salix alba L. 'Vittelina Pendula' Zanthoxylum americanum Mill.	Acanthopanax sieboldianus Makino Acer campestre L. Aesculus hybrida DC. Amorpha fruticosa L. Berberis ottawensis var. purpurea Schneid. Celtis occidentalis L. Cotinus coggygria Scop. Cotoneaster integerrimus Medicus Cotoneaster nitens Rehd. et Wils. Crataegus coccinoides Ashe. Crataegus monogyna Jacq. Deutzia scabra Thunb. 'Candidissima' Euonymus alata (Thunb.) Sieb. Ginkgo biloba L. Hydrangea bretschneideri Dipp. Kolkwitzia amabilis Graebn. Laburnum anagyroides Medic. Laurocerasus officinalis Roem. Lonicera tatarica L. Lonicera xylostium L. Maclura pomifera (Raf.) Schneid. Padus avium Mill. Paeonia suffruticosa Andr. Phellodendron amurense Rupr. Philadelphus caucasicus Koehne Philadelphus coronarius L. Philadelphus pekinensis Rupr. Philadelphus sp. Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. Pinus peuce Griseb. Pinus wallichiana A.B.Jacks. Prunus serrulata Lindl. Pterocarya fraxinifolia (Lam. ex Poir.) Spach Quercus acutissima Carruth. Rosa multiflora Thunb. Rosa pendulina L. Sambucus nigra L. Sorbus torminalis (L.) Crantz. Stephanandra inciza (Thunb.) Zabel Swida alba L. Symphoricarpos albus (L.) Blake Syringa josikaea Jacq. f. Syringa vulgaris L. Tsuga canadensis (L.) Carr. Viburnum lantana L. Viburnum opulus L. Viburnum opulus L. 'Roseum' Weigela florida (Bge.) A. DC.	Castanea sativa Mill. Catalpa bignonioides Walt. Catalpa hybrida Spaeth. Euonymus fortunei (Turcz.) Hand.-Mazz. Gleditsia triacanthos L. Philadelphus grandiflorus Willd. Philadelphus inodorus L. Philadelphus monstroosus Rehd. Philadelphus virginialis Rehd. Ptelea trifoliata L. Spiraea japonica L. Spiraea japonica L. 'Little Princess' Symphoricarpos orbiculatus Moench Tilia cordata Mill. Tilia europaea L. Tilia platyphyllos Scop.	Hibiscus syriacus L. Styphnolobium japonicum (L.) Schott
Календарний інтервал, дати	до 21 березня	21 березня – 20 квітня	21 квітня – 31 травня	1 червня – 30 червня	після 30 червня
Середня похибка, діб	4,4 (3,7-5,2)	3,0 (1,0-11,7)	3,5 (1,5-11,9)	3,3 (2,0-7,0)	1,5 (1,4-1,6)

5.2. Розподіл таксонів дендрарію на феногрупи за завершенням цвітіння

	ДРЗЦ	РЗЦ	СЗЦ	ПЗЦ	ДПЗЦ
Таксони	Cornus mas L. Cornus mas L. 'Albocarpa' Corylus avellana L. Taxus baccata L.	Acer mandshuricum Maxim. Amelanchier ovalis Medik. Berberis thunbergii DC. 'Minor' Buxus sempervirens L. Celtis occidentalis L. Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl. Forsythia intermedia Zab. Forsythia suspensa (Thunb.) Vahl. Laurocerasus officinalis Roem. Lonicera coerulea L. Lonicera xylostereum L. Magnolia kobus DC. Magnolia kobus DC. var. borealis Sarg. Mahonia aquifolium (Pursh) Nutt. Ostrya carpinifolia Scop. Padus avium Mill. Padus virginiana L. Prunus serrulata Lindl. Quercus acutissima Carruth. Rhododendron sichotense Pojark. Ribes sanguineum Pursh Salix alba L. 'Vittelina Pendula' Tsuga canadensis (L.) Carr. Viburnum lantana L. Zanthoxylum americanum Mill.	Acanthopanax sieboldianus Makino Acer campestre L. Aesculus hybrida DC. Amorpha fruticosa L. Berberis ottawensis var. purpurea Schneid. Cotinus coggygria Scop. Cotoneaster nitens Rehd. et Wils. Crataegus coccinoides Ashe. Crataegus monogyna Jacq. Euonymus alata (Thunb.) Sieb. Ginkgo biloba L. Hydrangea bretschneideri Dipp. Kerria japonica (L.) DC. Kolkwitzia amabilis Graebn. Laburnum anagyroides Medic. Lonicera tatarica L. Maclura pomifera (Raf.) Schneid. Paeonia suffruticosa Andr. Phellodendron amurense Rupr. Philadelphus caucasicus Koehne Philadelphus coronarius L. Philadelphus grandiflorus Willd. Philadelphus inodorus L. Philadelphus pekinensis Rupr. Philadelphus sp. Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. Pinus peuce Griseb. Pinus wallichiana A.B.Jacks. Ptelea trifoliata L. Pterocarya fraxinifolia (Lam. ex Poir.) Spach Rosa multiflora Thunb. Rosa pendulina L. Sambucus nigra L. Sorbus torminalis (L.) Crantz. Stephanandra inciza (Thunb.) Zabel Swida alba L. Syringa josikaea Jacq. f. Syringa vulgaris L. Viburnum opulus L. Viburnum opulus L. 'Roseum' Weigela florida (Bge.) A. DC.	Castanea sativa Mill. Catalpa bignonioides Walt. Catalpa hybrida Spaeth. Cotoneaster integerrimus Medicus Deutzia scabra Thunb. 'Candidissima' Euonymus fortunei (Turcz.) Hand.-Mazz. Gleditsia triacanthos L. Philadelphus monstroosus Rehd. Philadelphus virginalis Rehd. Spiraea japonica L. Symphoricarpos orbiculatus Moench Tilia cordata Mill. Tilia europaea L. Tilia platyphyllos Scop.	Hibiscus syriacus L. Spiraea japonica L. 'Little Princess' Styphnolobium japonicum (L.) Schott Symphoricarpos albus (L.) Blake
Календарний інтервал, дати	до 11 квітня	11 квітня – 10 травня	11 травня – 20 червня	21 червня – 20 липня	після 20 липня
Середня похибка, діб	3,8 (3,1-5,2)	2,7 (0,7-6,5)	4,2 (0,7-11,2)	3,7 (2,4-5,4)	4,5 (2,0-7,0)

5.3. Розподіл таксонів дендрарію на феногрупи за тривалістю цвітіння

	ДКЦ	КЦ	СЦ	ТЦ	ДТЦ
Таксони	Amelanchier ovalis Medik. Buxus sempervirens L. Celtis occidentalis L. Fraxinus lanceolata Borkh. Ginkgo biloba L. Gleditsia triacanthos L. Lonicera xylosteum L. Maclura pomifera (Raf.) Schneid. Ostrya carpinifolia Scop. Padus avium Mill. Quercus acutissima Carruth. Salix alba L. 'Vittelina Pendula' Taxus baccata L. Tsuga canadensis (L.) Carr. Laurocerasus officinalis Roem.	Acanthopanax sieboldianus Makino Acer campestre L. Acer mandshuricum Maxim. Aesculus hybrida DC. Amorpha fruticosa L. Berberis ottawensis var. purpurea Schneid. Berberis thunbergii DC. 'Minor' Catalpa bignonioides Walt. Catalpa hybrida Spaeth. Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl. Cornus mas L. Cornus mas L. 'Albocarpa' Corylus avellana L. Cotinus coggygria Scop. Cotoneaster nitens Rehd. et Wils. Crataegus coccinoides Ashe. Crataegus monogyna Jacq. Euonymus alata (Thunb.) Sieb. Euonymus fortunei (Turcz.) Hand.-Mazz. Laburnum anagyroides Medic. Lonicera coerulea L. Lonicera tatarica L. Magnolia kobus DC. Magnolia kobus DC. var. borealis Sarg. Padus virginiana L. Paeonia suffruticosa Andr. Phellodendron amurense Rupr. Philadelphus caucasicus Koehne Philadelphus coronarius L. Philadelphus grandiflorus Willd. Philadelphus inodorus L. Philadelphus monstrosus Rehd. Philadelphus pekinensis Rupr. Philadelphus sp. Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. Pinus peuce Griseb. Pinus wallichiana A.B.Jacks. Prunus serrulata Lindl. Ptelea trifoliata L. Pterocarya fraxinifolia (Lam. ex Poir.) Spach Rhododendron sichotense Pojark. Rosa multiflora Thunb. Rosa pendulina L. Sambucus nigra L. Sorbus torminalis (L.) Crantz. Styphnolobium japonicum (L.) Schott Swida alba L. Syringa josikaea Jacq. f. Syringa vulgaris L. Tilia cordata Mill. Tilia europaea L. Tilia platyphyllos Scop. Viburnum lantana L. Viburnum opulus L.	Castanea sativa Mill. Cotoneaster integerrimus Medicus Deutzia scabra Thunb. 'Candidissima' Forsythia intermedia Zab. Forsythia suspensa (Thunb.) Vahl. Hydrangea bretschneideri Dipp. Kerria japonica (L.) DC. Kolkwitzia amabilis Graebn. Mahonia aquifolium (Pursh) Nutt. Philadelphus virginialis Rehd. Ribes sanguineum Pursh Spiraea japonica L. Stephanandra inciza (Thunb.) Zabel Symphoricarpos orbiculatus Moench Viburnum opulus L. 'Roseum' Weigela florida (Bge.) A. DC. Zanthoxylum americanum Mill.	Spiraea japonica L. 'Little Princess' Symphoricarpos albus (L.) Blake	Hibiscus syriacus L.
Довжина періоду, дні	до 11 днів	11–20 днів	21–40 днів	41–60 днів	понад 60 днів
Середня похибка, діб	1,9 (1,0-3,7)	2,2 (0,5-6,2)	3,0 (1,2-5,5)	3,3	5,8
Коефіцієнт варіації, %%	43,3 (29,9-80,0)	28,1 (3,8-75,1)	25,8 (12,3-44,0)	17,3	17,5
Показник точності, %%	20,5 (16,4-35,8)	13,6 (2,7-37,6)	11,8 (5,5-20,0)	7,7	7,8