

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет
Спеціальність 206 – “Садово-паркове господарство”

«Допустити до захисту»

В.о. завідувача кафедрою садово-
паркового мистецтва та ландшафтного
дизайну доц. Іванченко О. Є.

« _____ » _____ 2022 р.

Функціональні показники асиміляційного апарату *Robinia pseudoacacia* L. в
умовах трансформації абіотичних чинників

Здобувач вищої освіти: _____ Кравченко А. М.

Керівник дипломної роботи _____ Ситник С.А.

Консультанти:

з охорони праці
к.т.н., доцент _____ Кравець В.В.

Нормоконтролер
к.б.н., доцент _____ Пономарьова О.А.

Дніпро, 2022

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
Агрономічний факультет
Кафедра садово-паркового мистецтва та ландшафтного дизайну

Освітній ступінь «*Магістр*»
Спеціальність 206 – «*Садово-паркове господарство*»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о. завідувача кафедрою
доц. Іванченко О.Є. _____

підпис

« ____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Кравченко Аліні Михайлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи:** «Функціональні показники асиміляційного апарату *Robinia pseudoacacia* L, в умовах трансформації абіотичних чинників»
Керівник роботи: д.с.-г.н., доц. Ситник С.А., затверджені наказом вищого навчального закладу від «09» листопада 2021 р., № 3480
- 2. Строк подання** студентом роботи на кафедру « ____ » _____ 2022р.
- 3. Вихідні дані до роботи:** _____
- 4. Зміст роботи** (перелік питань, які потрібно розробити):
 1. Провести закладання ТПП у насадженнях робінії несправжньоакації паркових зон м. Дніпро;
 2. Встановити параметри фотосинтезу – фонової, максимальну та стаціонарну флуоресценції хлорофілу;
 3. Визначити залежність фонової, максимальної та стаціонарної флуоресценції від абіотичних чинників – температури повітря, вологості повітря та освітлення;
 4. Розрахувати індекс максимальної квантової ефективності фотосистеми II;
 5. Розробити математичні моделі розрахунку флуоресценції хлорофілу за даними абіотичних чинників.
- 5. Перелік графічного матеріалу:** таблиці 6 і рисунки 14

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Доцент Кравець В.В.		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання огляду літератури за темою дипломної роботи	Червень-вересень 2021	<i>виконано</i>
2	Проведення експериментальних досліджень	Вересень-жовтень 2021	<i>виконано</i>
3	Виконання розрахункової частини роботи	Жовтень-листопад 2021	<i>виконано</i>
4	Написання експериментальної частини	Листопад 2021	<i>виконано</i>
5	Написання розділу з охорони праці	Листопад 2021	<i>виконано</i>
6	Формулювання висновків	Грудень 2021	<i>виконано</i>
7	Оформлення списку літератури, розробка презентації роботи	Січень 2022	<i>виконано</i>

Здобувач вищої освіти _____

Нестеренко А. М.

Керівник роботи _____

Ситник С. А.

ЗМІСТ

Реферат	4
Вступ	5
1 Огляд літератури з теми	7
1.1. Флуоресценція хлорофілу як індикатор процесів фотосинтезу	7
1.2. Вплив чинників довкілля на активність флуоресценції хлорофілу	11
2. Умови проведення досліджень	20
2.1. Організаційно-господарські умови Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара	20
2.2. Аналіз погодно-кліматичних умов м. Дніпро	23
2.3. Ґрунтові умови району досліджень	26
3. Експериментальна частина	27
3.1. Характеристика об'єкта досліджень – робінії несправжньоакації	27
3.2. Методика проведення роботи	28
3.3. Результати проведеної роботи та їх аналіз	30
3.3.1. Аналіз трендів основних абіотичних кліматичних чинників, які впливають на показники фотосинтезу рослин	30
3.3.2. Вплив температури атмосферного повітря, вологості повітря та освітлення на активність флуоресценції хлорофілу робінії	33
3.3.3. Математичне моделювання флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації залежно від абіотичних кліматичних чинників	39
4. Заходи з охорони праці	43
4.1. Вимоги безпеки під час догляду за зеленими насадженнями	43
4.2. Правила безпеки при видаленні та спилуванні дерев	49
Висновки та пропозиції виробництву	56
Список використаної літератури	60

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 64 с., 6 табл., 14 рис., 38 літературних джерел.

Мета роботи: дослідити активності різних типів флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації за умови дії абіотичних чинників.

Завдання роботи:

Встановити тренди основних абіотичних чинників у регіоні дослідження – середньорічної температури атмосферного повітря, річної суми опадів та гідротермічного коефіцієнту Селянінова.

Визначити активність фонові, максимальної та стаціонарної флуоресценцій хлорофілу робінії несправжньоакації за різного діапазону значень температури атмосферного повітря, вологості повітря та освітлення.

Здійснити математичне моделювання залежності фонові, максимальної та стаціонарної флуоресценцій від абіотичних кліматичних чинників.

Об'єкт дослідження: деревостани робінії несправжньоакації насаджень ботанічного саду м. Дніпро.

Предмет дослідження: показники активності асиміляційного апарату робінії несправжньоакації.

Методи дослідження: польовий, статистичний, методи математичного моделювання.

Використане обладнання: Флуорометр «Флоратест», термогігрометр, люксометр.

Ключові слова: *Robinia pseudoacacia* L., флуоресценція хлорофілу, математичне моделювання

ВСТУП

Дослідження інтенсивності флуоресценції хлорофілу є актуальним інформативним методом, який знаходить реалізацію у екологічному моніторингу [4]. Основним методом одержання інформації про фізіологічний стан рослин є метод індукції флуоресценції хлорофілу.

Хлорофіл, що локалізовано у фотосинтетичних мембранах тилакоїдів, є природним датчиком стану клітин рослинних організмів. За умови зміни фізіологічного стану рослини під впливом абіотичних чинників умов зростання відбуваються трансформації оптичних властивостей хлорофілу, що є джерелом інформації для експрес-діагностики.

Кліматичні умови впливають на спектральні особливості флуоресценції, а також на її інтенсивність. Тому аналіз параметрів флуоресценції хлорофілу – це потужний інструмент визначення закономірностей впливу погодно-кліматичних чинників на функціонування рослини [4].

Значною кількістю наукових досліджень доведено, що кінетика флуоресценції хлорофілу має велику інформативність для оцінювання стану процесів фотосинтезу рослин у реальному часі за умови дії комплексу абіотичних чинників, домінуючими з яких є погодно-кліматичні – температура, вологість та освітлення [3,6,9].

Мета роботи: дослідити активності різних типів флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації за умови дії абіотичних чинників.

Для досягнення мети поставлені такі задачі:

1. Встановити тренди основних абіотичних чинників у регіоні дослідження – середньорічної температури атмосферного повітря, річної суми опадів та гідротермічного коефіцієнту Селянінова.
2. Визначити активність фонові, максимальної та стаціонарної флуоресценцій хлорофілу робінії несправжньоакації за різного

діапазону значень температури атмосферного повітря, вологості повітря та освітлення.

3. Здійснити математичне моделювання залежності фонові, максимальної та стаціонарної флуоресценцій від абіотичних кліматичних чинників.

Об'єкт дослідження: деревостани робінії несправжньоакації насаджень ботанічного саду м. Дніпро.

Предмет дослідження: показники активності асиміляційного апарату робінії несправжньоакації.

Методи дослідження: польовий, статистичний, математичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів: встановлено вплив абіотичних екологічних чинників на активність флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлені залежності можна враховувати під час планування та реалізації створення систем зелених насаджень промислових міст.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Флуоресценція хлорофілу як індикатор процесів фотосинтезу

Процес життєздатності й метаболізму рослин – фотосинтез, спричиняє утворення органічних сполук, які використовуються у якості резервних та речовин, які включаються у різні вторинні фізіолого-біохімічні реакції. Фотосинтез об'єднує складний комплекс фотофізичних та біохімічних реакцій, які мають взаємно регулюючі здібностями на основі принципу донорно-акцепторних відносин [2].

Особливого значення набувають первинні процеси фотосинтезу, оскільки вони визначають його специфіку і є чутливим місцем процесу запасання сонячної енергії за умов, коли інші абіотичні чинники довкілля, а саме волога, температура повітря, мінеральне живлення є оптимальними [1,4]. Весь комплекс первинних процесів фотосинтезу здійснюється за рахунок функціонування п'яти типів білкових та пігмент-білкових комплексів, які локалізуються у мембранах тилакоїда.

Три пігмент-білкових комплексів – фотосистема I (ФС I), фотосистема II (ФС II) і цитохромний комплекс є частиною електронно-транспортного ланцюга (ЕТЛ) хлоропластів, взаємодіють між собою за допомогою речовин переносників – пластохінонів, пластоціаніну та ферредоксину [3].

Світлозбиральний та макромолекулярний білковий комплекси не володіють спроможністю й функцією транспорту електронів [18].

Після поглинання кванта світла у ФС II утворюється окислена форма молекули феофітину, яка потім передає електрон на первинний хінон – Q_a та вторинний хінон – Q_b , локалізованих на білкових субодиницях пігмент-білкового комплексу. Відновлення реакційного центру, локалізованого біля внутрішньої поверхні мембрани, компенсується електроном, який надходить із системи фотолізу води.

Перенесення електронів від первинного хінону до цитохромного комплексу здійснюється проміжним переносником пластохіноном (FQ), вільна кількість якого приблизно на порядок перевищує кількість редокс-ланцюга. Для повного відновлення пластохінону використовуються два електрони, одержувані від вторинного хінону і два протони із зовнішньої водної фази. Цитохромний комплекс утворює білковий комплекс, який складається з цитохромів та залізо-сірчастого білка Ріске [12].

Двічі відновлений і протонований пластохінон зв'язується з білком цитохромного комплексу, локалізованим поблизу внутрішньої поверхні мембрани і передає один з електронів залізо-сірчастому центру Ріске, а другий на гем цитохрому, при цьому обидва протони скидаються в порожнину тилакоідів. У процесі відновлення пластохінону також витрачаються два протони із зовнішньої водної фази [8].

Цитохром відновлює рухомий переносник – пластоціанін, локалізований усередині водної фази тилакоїду. Взаємодія між пластоціаніном та реакційним центром здійснюється за рахунок електростатичних сил. У результаті відновлення двох молекул пластоціаніну пов'язане трансмембранне перенесення чотирьох протонів із стромы хлоропласту в люмен [11]. Енергія квантів світла, поглинених світлозбиральним комплексом, мігрує на реакційні центри ФС I та ФС II, де відбувається первинний поділ зарядів.

Внаслідок збудження молекули хлорофілу у реакційному центрі ФС I відбувається його окислення. Первинний акцептор передає електрон у наступний ланцюг переносників, який включає філлохінон, залізо-сірчані центри і ферредоксин, який віддає електрон на утворення відновленої форми флавопротеїну та флавіну. Флавін у свою чергу відновлює розчинений у стромі хлоропласту НАДФ, який забезпечує спільно з АТФ, що утворився у результаті фосфорилування, відновлення вуглекислого газу, через цикл Кальвіна [13].

Внаслідок цього багатоетапного процесу електронно транспортний ланцюг фотосинтезу забезпечує утворення кінцевого продукту – органічних речовин і є частиною єдиного механізму трансформації енергії [26]. Структура та локалізація окремих компонентів електронно транспортного ланцюга не стаціонарна у латеральній площині мембрани тилакоїду. Світлозбиральний комплекс та пігмент білковий комплекс ФС II локалізовані переважно у зоні стекінгу гран, пігмент білковий комплекс ФС I знаходяться у ламелах строми, периферійних та термінальних частинах гран, а цитохромний комплекс рівномірно розподілений по всій мембрані хлоропласту [25].

У разі надлишкового освітлення виникає необхідність перерозподілу енергії між фотосистемами, з допомогою запуску механізму фотофосфорилування білків світлозбирального комплексу. Додатковий від'ємний заряд, який отримується поліпептидом світлозбирального комплексу при приєднанні фосфатної групи, викликає його латеральну міграцію. В результаті підвищується перенесення енергії до ФС I і збільшується активність циклічного фосфорилування [30].

Весь мембранний комплекс це – сукупність функціонально пов'язаних між собою макромолекулярних комплексів і білків – переносників електронів, що визначає ефективність регуляції фотосинтезу в умовах дії абіотичних чинників навколишнього середовища [33]. Під регуляцією розуміють векторні зміни багатокomпонентної системи із збереженням її загальної цілісності з метою забезпечення оптимального функціонування при зміні зовнішніх та внутрішніх умов. Механізми регулювання умовно поділяють на «повільні» і «швидкі» [29].

У фізіології фотосинтезу «повільні» регуляції передбачають розбудову та зміну структури хлоропласту, аж до формування різних варіацій гомеостатичних станів усєї рослинної клітини. Їхня дія пов'язана з активацією генетичного апарату, синтезом нових білків, накопичення пулу фізіологічно активних речовин, для чого потрібні значні інтервали часу.

Механізми «швидкої» регуляції відповідальні за динамічні зміни у роботі окремих ділянок фотосинтетичного ланцюга і базуються на змінюванні констант взаємодії переносників [34].

Основним фактором порушень гомеостазу клітини рослин, який ушкоджує, при різних за своєю природою факторах стресу, є утворення активних форм кисню, які зумовлюють перекисне окислення мембран і дезінтеграцію тилакоїдної структури хлоропласту [35]. Розвиток окисного стресу визначається надлишком електронів у ланцюзі. Захистом від окисних ушкоджень є формування оптимального стану електронно-транспортного ланцюга, у якому відсутні надлишок чи нестача електронів. Здійснюється це шляхом «швидкої» регуляції електронтранспортних потоків у первинних процесах фотосинтезу [36].

Відомо, що у фотохімічних реакціях фотосинтезу беруть участь синглетно збуджені молекули хлорофілу. Частина енергії збудженого хлорофілу витрачається у вигляді флуоресценції та безірадіаційної дисоціації, а також внаслідок міграції енергії до інших молекул хлорофілу. Хоча флуоресценція обумовлена випромінюванням квантів світла молекулами хлорофілу, які беруть участь у фотопереносі електрона, активність флуоресценції може відбивати перебіг первинних процесів фотосинтезу [9].

Базис інформативності фотолюмінісцентних показників полягає у тому, що зменшення ефективності запасання світла у фотосинтезі призводить до збільшення інтенсивності флуоресценції. У свою чергу, деструкція або функціональне роз'єднання компонентів електронно транспортного ланцюга, спричинене стресовим впливом зовнішніх факторів неминуче позначиться на інтенсивності флуоресценції. Це дозволяє використовувати фотолюмінісцентні показники як оперативну оцінку стану ефективності фотосинтетичного апарату [10].

На сьогодні до основних фотолюмінісцентних методів дослідження первинних процесів фотосинтезу входять реєстрація та аналіз швидкої, а

також кінетичних і температурних кривих уповільненої флуоресценції хлорофілу. Вихід світіння швидкої флуоресценції визначається станом реакційних центрів, природи хлорофіл-білкових комплексів, залежно від виду рослини. Вихід мілісекундної уповільненої флуоресценції листя рослин визначається рекомбінацією зарядів у реакційних центрах ФС II, яка у свою чергу залежить від швидкості транспорту електронів у електрон транспортному ланцюзі, різниці електричних потенціалів та величини протонного градієнта на мембрані тилакоїда [20].

Практично вся флуоресценція випромінюється хлорофілом *a* ФС II, тоді як вклад від флуоресценції ФС I незначний [8]. У функціональному сенсі у флуоресценції хлорофілу фотосинтезуючих об'єктів розрізняють два компоненти: фонову або нульову флуоресценцію F_0 , вихід якої мало змінюється при освітленні рослини і не пов'язаний з функціонуванням електронно транспортного ланцюга, але який відображає стан хлорофілу, і власне змінну флуоресценцію, яка і надає інформацію про функціонування фотосинтетичного апарату.

Дослідження кінетики виходу змінної флуоресценції показує, що існує швидка, яка займає частки секунд і уповільнена – до декількох хвилин, реакція у відповідь на вплив.

1.2. Вплив чинників довкілля на активність флуоресценції хлорофілу

Швидка флуоресценція – це флуоресценція, яка реєструється у процесі освітлення рослин діючим світлом і затухає після його зникнення у межах тимчасового наносекундного інтервалу.

Зміна світіння флуоресценції при різкому переході темрява – світло, тобто ефект Каутського, формує складну кінетичну криву індукційних переходів флуоресценції. Реєстровані індукційні переходи флуоресценції відображають процес адаптації рослини до нових умов освітлення і є поліфазними. Зазначене визначається будовою фотосинтетичної системи, яка

включає процеси, що відрізняються за своїми характерними часовими змінами.

Загалом індукційні переходи флуоресценції поділяють на швидку індукцію, яка відбувається у межах наносекундного тимчасового інтервалу і полягає у зростанні інтенсивності флуоресценції від вихідного рівня F_0 до максимального F_{\max} та повільну індукцію, яка виражається у зниженні інтенсивності флуоресценції від F_{\max} до стаціонарного рівня одним або декількома проміжними максимумами [8].

У класичній моделі прийнято вважати, що швидка флуоресценція з максимумом світіння при 685 нм у рослин у нормальних умовах виникає в результаті реалізації одного зі шляхів дезактивації енергії збуджених молекул хлорофілу *a*, що входять до складу світлозбирального комплексу фотосистеми II. Можлива природа швидкої флуоресценції, принаймні її змінна складова, є люмінесценцією, яка виникає при рекомбінації зарядів у реакційному центрі фотосистеми II.

Вихід швидкої флуоресценції насамперед обумовлений окислювально-відновлювальними перетвореннями первинного акцептора електрона ФС II. Структура швидкої індукції імовірно пояснюється гетерогенністю комплексів ФС II, що дозволило розділити її на «фотохімічну» та «теплову» складові [8].

Після темного адаптаційного періоду, коли всі реакційні центри відкриті, тобто. здатні до поглинання квантів світла швидка флуоресценція має мінімальний вихід, що відповідає рівню F_0 . Після включення світла за час менше 10 мс розвивається швидка «фотохімічна» фаза, яку відносять до відновлення у ФС II реакційного центру, а за нею з'являється повільна «теплова», яка триває близько 100 мс і відноситься.

Сповільнення зростання флуоресценції пов'язане з ефектом Дьюсенса і Свірса. Тобто ефектом відпливу електронів. Подальше зростання виходу флуоресценції до максимального рівня пов'язане з повним відновленням первинного акцептора електронів фотосистеми II.

У формуванні швидкої фази індукції флуоресценції беруть участь також процеси, які здатні впливати на параметри первинних фотореакцій, зокрема, процеси генерації трансмембранного електрохімічного градієнта протонів за участю ФС I, цитохромного комплексу, процеси використання протонів при синтезі АТФ і іонів гідрогену, калію та хлору. Однак для аналізування швидкої ділянки індукційної кривої достатньо розгляду ФС II та процесів реокислення пластохінону у пластохіноновому пулі [16].

Немонотонний спад швидкої індукції на світлі від високого рівня до низького стаціонарного рівня обумовлений двома основними процесами: фотохімічне гасіння – реокислення відновленого первинного акцептора ФС II та нефотохімічне гасіння швидкої флуоресценції через наростання градієнта рН на мембрані тилакоїда. Основна частина світлового гасіння повільної флуоресценції пов'язана з нефотохімічним гасінням.

Аналіз існуючих даних дозволяє також припустити, що окрім енергізації мембран тилакоїдів при формуванні повільних переходів швидкої флуоресценції можуть брати участь такі процеси; фосфорилування світлозбирального комплексу та комплексів фотосистем [33].

Зміна щільності електричного заряду у подвійному дифузійному шарі за рахунок перерозподілу катіонів, найчастіше Магнію та світлова активація АТФази.

Внесок кожного з факторів у повільну фазу швидкої флуоресценції не однаковий і багато у чому залежить від умов проведення оборотної фази індукції. Катіон-індуковане гасіння спостерігається тільки в експериментах із ізольованими хлоропластами і, мабуть, не проявляється *in-vivo* [16].

Енергозалежне гасіння пов'язане з перенесенням протонів та утворенням трансмембранного протонного градієнта. Очевидно, воно відображає, пов'язане зі структурними змінами мембран посилення температурної дезактивації енергії у ФС II [27] або її реакційних центрів. При цьому не відбувається посилення перенесення енергії на ФС I, як у разі катіон залежного або пов'язаного з фосфорилуванням світлозбирального

типу гасіння флуоресценції. Фізіологічна функція енергозалежного гасіння полягає у захисті хлорофілу від фотодеструкції.

При фосфорилуванні світлозбирального комплексу зменшення виходу флуоресценції обумовлено перерозподілом поглиненої енергії на користь ФС I [31] необхідної для досягнення оптимального співвідношення в роботі двох фотосистем при інтенсивності світла, що не насичує. Однак даний тип гасіння, ймовірно, існує і при високій інтенсивності, так як відновлена форма пластохінону, що активує його, накопичується при світлозалежному закисленні внутрішнього простору тилакоїдів.

Разом з тим, що виникає при фосфорилуванні світлозбирального комплексу гасіння не може розглядатися як універсальний регулятор виходу флуоресценції, оскільки повільні, оборотні в темряві переходи швидкої флуоресценції спостерігаються у об'єктів, які не мають світлозбирального комплексу [8]. Участь АТФазної системи у регуляції виходу швидкої флуоресценції, пояснюють стимулюючою дією низької рН, внаслідок чого виникає циклічний потік електронів за участю ФС II, експонованої до строми тилакоїдів.

Будь-який біохімічний процес, який відбувається у рослинній клітині із споживанням продуктів світлових реакцій (АТФ та НАДФН), а також фактори, які впливають на рівень відношення АТФ/АДФ та НАДФН/НАДФ⁺, здатні впливати на вихід швидкої флуоресценції. Швидка флуоресценція дуже чутлива до атмосферного тиску та газового складу навколишньої атмосфери, до температури, до впливу хімічних агентів, до рівня рН, до часу попередньої темної адаптації до стадії онтогенезу рослин [8,15,27].

Швидка флуоресценція широко використовується для вивчення змін фотосинтетичного стану рослин роду протягом року: *P. abies* [23,29,31], *P. glauca* [22]; *P. engelmannii* [32,38]; *P. morrisonicola* [37], *P. rubens* [28].

Джерела наукової літератури, присвячені дослідженням сезонної активності первинних процесів фотосинтезу, методом реєстрації швидкої флуоресценції хлорофілу нечисленні. Одним із інформативних параметрів

сезонних змін швидкої флуоресценції є максимальний квантовий вихід фотохімії ФС II (F_v/F_m). Майже у всіх знайдених літературних джерелах з вивчення сезонної фотосинтетичної активності рослин роду *Picea*, у літній вегетаційний період значення величини параметра F_v/F_m становить середньому 0,75–0,85 у.о., й у зимовий період 0,40–0,55, що становить 50% від літнього максимуму.

За рештою параметрів фотохімічної активності фотосинтетичного апарату також спостерігається зимове зниження в межах 40-50% від максимуму досягнутого протягом року. Винятком є робота S.T. Lawson [28], в якій відзначаються для *P. abies* зимові зниження величини параметра F_v/F_m у березні, до рівня 30% від літнього максимуму.

У дослідженнях проведених на деревах *P. engelmanni*, у природному ареалі для *P. pungens*, показано, що рівень максимальних літніх значень величини F_v/F_m зареєстрований у межах 0,82–0,85 у.о., зі збереженням високої фотосинтетичної активності до жовтня та мінімальним рівнем у зимово-весняний період до квітня (0,10 у.о.) з активізацією фотосинтетичного апарата у травні [27]. Необхідно підкреслити, що дослідження проводилися в природних та значною мірою екстремальних умовах для росту рослин, на висоті близько 3000 метрів над рівнем моря.

Уповільнена флуоресценція хлорофілу. Уповільнена флуоресценція хлорофілу реєструється після вимкнення світла, в мілісекундному інтервалі індукційної кривої, як дуже слабке світіння, яке загасає десятки секунд. Мілісекундний інтервал кривої згасання представлений різними кінетичними компонентами, які залежать від швидкості електронного транспорту, роботи реакційних центрів фотосистеми II та швидкості фіксації вуглекислого газу.

Амплітуда мілісекундного компонента залежить від різниці електричних потенціалів на мембрані. Експоненційний характер залежності уповільненої флуоресценції від протонного градієнта на мембранах тилакоїдів робить даний тип флуоресценції чутливою навіть до невеликих

змін електрохімічного потенціалу, що дозволяє використовувати її як індикатор стійкості фотосинтезу до стрес-факторів [8].

Реєстрація уповільненої флуоресценції здійснюється з використанням фосфороскопів у режимі багаторазового повторення циклів «збудження-реєстрація» з частотою 40-80 Гц. У процесі висвітлення інтенсивність уповільненої флуоресценції формує індукційну криву, яка є сумою змін амплітудних та кінетичних характеристик окремих кривих загасання. На індукційній кривій уповільненої флуоресценції виділяють дві фази індукції – швидка, з тимчасовим інтервалом у межах 200 мс і повільна, тривалістю кілька хвилин [8].

Це обумовлено перенесенням протонів всередину тилакоїда та з пов'язаного з ним процесом нейтралізації негативно заряджених буферних груп усередині тилакоїду. Залежно від швидкості транспорту електронів, зростання обумовлено збільшенням мембранної різниці електричних потенціалів, або додатковим накопиченням всередині тилакоїда вільних іонів Mg^{2+} [8].

Таким чином, можна припустити, що кінетика спаду відображає розпад дифузного потенціалу і за певних умов може характеризувати властивості тилакоїдної мембрани. При порівнянні світлових залежностей відношення загасання уповільненої флуоресценції у різних об'єктів виявлено, при напівнасичувальній швидкості поглинання вуглекислого газу та виділення кисню. У цьому випадку форма світлової залежності стаціонарної кінетики загасання уповільненої кінетики була подібною до світлових кривих фотосинтезу.

Поява додаткових хвиль на індукційній кривій уповільненої флуоресценції вірогідно є наслідком узгодження енергетичних потоків до метаболічних циклів. Індукція уповільненої флуоресценції у рослин варіює залежно від наявності у середовищі фізіологічно активних речовин [3], інтенсивності теплової адаптації та пори року [8].

У роботі С.А. Шавніна [20] було показано, що у інтервалі інтенсивності світла 0–600 Вт/м, при ступінчастому збільшенні світла, в індукції уповільненої флуоресценції реєструються як мінімум два енергетичні стани – «низькоенергетичний» і «високоенергетичний», що, мабуть, пов'язано з послідовним узгодженням енергоперетворювальних систем хлоропластів. Методика реєстрації уповільненої флуоресценції використовується для моніторингу стану рослин під впливом антропогенних факторів [2,17].

Основні результати цих досліджень полягають у зміні термінів наступу, «глибини» та закінчення зимового спокою у вічнозелених рослин в умовах аеротехногенного забруднення атмосфери. На рослинах роду *Pinus* зазначено, що моделювання підвищення температури в експериментальних умовах призводить до зростання інтенсивності уповільненої флуоресценції, а потім при температурі вище 45 °С, різкого зниження інтенсивності світіння.

Збільшення виходу уповільненої флуоресценції при підвищенні температури обумовлено порушенням донування електронів до ФС II, у зв'язку зі зростанням електрогенної дифузії іонів через мембрану [8]. Подальший його спад, пов'язаний зі зростанням нульової флуоресценції, з незворотним руйнуванням комплексу ФС II.

Після теплової обробки та подальшого шестигодинного витримання асиміляційних органів за кімнатної температури усі параметри швидкої та уповільненої флуоресценції відновлювалися практично до вихідного рівня. Імовірно це пов'язано з накопиченням в осінній зимовий період кріопротекторів, таких як сахароза та низькомолекулярні білки, здатних захищати хлоропласти від низьких температур та теплової інактивації.

Дослідження стану первинних процесів фотосинтезу методом реєстрації уповільненої флуоресценції рослин в умовах інтродукції виявило ряд трансформаційних змін фотосинтетичного апарату у листі та фелодермі листяних рослин протягом вегетаційного періоду [8]. Ці дослідження дозволили виявити ряд специфічних адаптаційних реакцій, які сприяють морозостійкості видів у нових кліматичних й едафічних умовах.

Метод реєстрації термоіндукованих змін нульового рівня флуоресценції є реєстрацією флуоресценції при збудженні дуже слабким, ненасичувальним світлом за ходом плавного нагріву листя рослин, що відображає структурно-функціональні властивості фотосинтетичних мембран хлоропластів.

Стаціонарний рівень мінімальної флуоресценції характеризує частку пігментів фотосинтетичного апарата, енергія збудження якого не використовується у прямих фотосинтетичних процесах. У разі, коли реакція фотосинтетичного апарата на вплив зовнішнього чинника є зворотною, величина мінімальної флуоресценції мало змінюється. Порухення механізму міграції енергії, наприклад – при тепловій дії, УФ-радіації або фотоінгібуванні фотосинтезу призводить до зростання значень мінімальної флуоресценції. Протягом року рівень нульової флуоресценції зазнає послідовних змін в інтенсивності світіння флуоресценції в низько- та високотемпературних діапазонах [20].

Температурні зміни у діапазоні температур 40–45 °С, інтенсивність флуоресценції пов'язують із дією температури на структуру та функцію компонентів ФС II. Фаза підйому пов'язана з порушенням функціонального зв'язку між антенним комплексом ФС II та його енергетичною пасткою – відкритим реакційним центром. Фаза спаду пояснюється функціональною і структурною трансформацією хлорофілу світлозбирального комплексу

ФС II, і навіть зниженням ефективності передачі енергії від хлорофілу *b* до хлорофілу *a*. Формування високотемпературного максимуму у діапазоні температур 50-70 °С може бути обумовлено зростанням флуоресценції більш термостабільного хлорофіл-пігментного комплексу ФС I при інактивації її реакційних центрів [8]. Крім того, певний внесок у появу високотемпературного максимуму може надати і хлорофіл-пігментний комплекс ФС II за умови його локалізації у міжгранних ділянках мембран тилакоїдів та дефіциті світлозбирального комплексу.

Використання методики порівняльного аналізу структури термограм рівня фонові флуоресценції добре зарекомендувало себе при виявленні особливостей організації та функціонування фотосинтетичного апарата в онтогенезі листя рослин [16], в умовах підвищеного техногенного навантаження [21], у дослідженнях сезонних змін фотосинтетичного апарату рослин [8].

2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організаційно-господарські умови Ботанічного саду ДНУ імені Олесея Гончара

Перші спроби створити Ботанічний сад у місті Катеринославі здійснило Катеринославське наукове товариство о 1901 році. Для розташування саду товариству було запропоновано південну частину Потьомкінського саду з прилеглим Архіерейським яром, де катеринославський ботанік І. Я. Акінфеев проводив свою роботу і писав: «оскільки ці місця представляють на своїх схилах велику різноманітність за світловими й тепловими особливостями й тому можуть бути дуже корисні для розведення різних культур рослин» [3].

Проте у зв'язку з увагою товариства до утворення природничо-історичного музею на наступні п'ять років питання про сад не зрушило з місця. У 1903 року Катеринославському науковому товариству було запропоновано створити дендрологічний сад у сквері біля музею Олександра Поля. Для цього планувалося висадити місцеві й іноземні рослини, які могли бути акліматизованими. Кошторис проекту складав близько тисячі карбованців, проте влада відмовила у наданні цієї ділянки.

Інша спроба створення ботанічного саду була здійснена у 1914 році Катеринославським відділенням товариства садівництва. Для цього була утворена Ботанічна комісія у складі: І. Я. Акинфієв, Б. Л. Гохгейм, І. О. Фомін, М. І. Харченко, С. Ф. Храмов.

Ботанічний сад засновано у 1930 році завідувачем кафедри фізіології рослин Дніпропетровського університету, професором Олександром Володимировичем Рейнгардом, який і був першим очільником. На той час ботанічний сад позиціонувався, як науково-дослідна міська установа.

Площа ботанічного саду становила одинадцять десятин, що відповідає 13,05 га землі, яка була розорана, на ній було облаштовано проведено водогін й висаджені деревні рослини. У 1930 році було організовано у Дніпрі інститут інженерів транспорту, якому було вирішено надати територію

ботанічного саду. Ботанічний сад було переміщено на іншу, західну сторону Лагерної вулиці (сучасний проспект Гагаріна), де навесні 1931 року було почато роботи.



Рис. 2.1. Локація дослідження – насадження Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Нова ділянка мала площу у 12 га і доходила до Червоноповстанської (Жандармської) балки (рис. 2.1). У березні 1934 року газета «Зоря» писала: «Ще 1930 року у Дніпрі, поряд з міськими дачами було розпочато облаштування Ботанічного саду. За три роки свого існування сад значно виріс і поповнився рядом нових видів рослин. Із відведених під Ботанічний сад 13,5 га, на сьогодні 8 га вже засаджено деревами ста шестидесяти п'ятьма видами. Серед них є шістдесят видів дерев, які ніколи не зростали у Дніпрі – корейський персик, кедр, маньчжурський горіх, маньчжурська аралія, японська вишня, китайська гліцинія, японський дуб та пробкове дерево.

У 1933 році Постановою РНК УРСР Ботанічний сад було введено до складу Дніпропетровського державного університету, як науково-дослідний

підрозділ. Розпорядженням Ради Міністрів УРСР у 1963 році Ботанічний сад було оголошено заповідною територією загальнодержавного значення.

На сьогодні ботанічний сад розташований у Соборному адміністративному районі міста Дніпро, на захід від проспекту Гагаріна. На заході обмежений Довгою балкою; на півдні проспектом Гагаріна.

Загальна площа Ботанічного саду становить 27,5 га. На 10,5 га території розташовано зону вільного доступу – «Парк Гагаріна». На 17 га території обмеженого доступу ботанічного саду здійснюються науково-дослідні роботи.

Основними напрямками діяльності Ботанічного саду є:

- збереження, вивчення, акліматизація рослин;
- дослідження ефективного практичного використання рідкісних і типових видів місцевої і світової флори шляхом створення, поповнення та збереження ботанічних колекцій;
- ведення наукової і освітньої роботи.

Колекційний фонд рослин Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара налічує більше 3,5 тис. видів, різновидів, форм та сортів рослин. Колекцію відділу дендрології становлять деревні та чагарникові рослини, яких на території саду більше 11 тис. особин.

У відділі природної флори зберігаються фонди аборигенних і інтродукованих господарсько цінних, енергетичних, декоративних й лікарських рослин, серед яких є багато видів, які мають охоронний статус та занесені до міжнародних та регіональних Червоних списків.

У відділі квітництва проводяться роботи з інтродукції і акліматизації квітково-декоративних багаторічних, однорічних та цибулинних рослин. У експозиційній оранжереї відділу тропічних і субтропічних рослин зосереджено екзотичні види-інтродуценти з Африки, Південної Азії та Австралії.

Колектив Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара здійснює просвітницьку роботу з питань ботаніки, екології, охорони природи,

рослинництва, декоративного садівництва, ландшафтної архітектури. Ботанічний сад співпрацює з багатьма ботанічними закладами України, близького та далекого зарубіжжя з питань збереження рослинного різноманіття та обміну посадковим матеріалом; входить до складу Ради ботанічних садів та дендропарків України, а також до Міжнародної Ради ботанічних садів з охорони рослин BGCI. Організація Ботанічного саду надає можливість проводити науково-дослідну роботу у галузі ботаніка, геоботаніка та екології.

Дослідження дипломної роботи, які були спрямовані на встановлення активності флуоресценції хлорофілу було проведено на модельних деревах робінії несправжньоакації (*Robinia pseudoacacia* L.) у насадженнях загального користування Ботанічного саду ДНУ імені Олеся Гончара.

2.2. Аналіз кліматичних і погодних умов м. Дніпро

Кліматоутворювальні чинники протягом року та значно відрізняються за сезонами. У осінньо-зимовий період переважаючу роль набуває циркуляція атмосфери, у весняно-літній визначальною є роль радіаційного фактора.

Радіаційний та світловий режим території міста Дніпро визначається співвідношенням сонячних та похмурих днів. Метеорологічні дані досліджуваної території наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Середня кількість ясних і хмарних днів (м. Дніпро)

Явища	Рік, місяці												Разом
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Дні												
Ясні	2	3	3	3	4	3	5	8	7	5	2	2	47
Хмарні	11	11	16	19	22	23	24	20	18	17	12	10	203
Похмури	18	14	12	8	5	4	2	3	5	9	16	19	115

Аналізуючи продемонстровані дані світловий режим досліджуваного міста визначається незначною кількістю ясних днів та превалюванням значним хмарних і похмурих днів на протязі календарного року.

Температура атмосферного повітря – один з найінформативніших показників кліматичної і погодної характеристики при дослідженні природних процесів і явищ. У таблиці 2.2 наведено режим температури атмосферного повітря регіону дослідження.

Середньорічний розподіл температур в області має практично широтний напрямок. Зимові ізотерми змінюються з півночі на південь від -6,2 до -4,0 °С, літні від 20,5 °С до 22,0 °С. Абсолютний максимум температури області зафіксовано на рівні 41 °С; мінімум складає -38 °С. Частота переходу температур на поверхні ґрунту через 0 °С досягає 10–15 разів на рік.

Таблиця 2.2

Температурний режим м. Дніпра

Місяць	Температура атмосферного повітря, °С				
	середня	мінімальна	середня мінімальна	Максимальна	Середня Максимальна
Січень	-3,6	-30,0 (1950)	-6,1	12,6 (2005)	-1,0
Лютий	-3,4	-27,8 (1954)	-6,2	17,5 (1990)	0,0
Березень	1,8	-19,2 (1987)	-1,6	24,1 (1983)	6,0
Квітень	9,7	-8,0 (2004)	4,9	31,8 (2012)	15,2
Травень	16,1	-2,4 (2007)	10,6	36,1 (2007)	22,1
Червень	19,9	3,9 (1950)	14,6	37,8 (2009)	25,7
Липень	22,1	5,9 (1983)	16,8	39,8 (2002)	28,0
Серпень	21,4	3,9 (1970)	15,9	40,9 (2010)	27,6
Вересень	15,6	-3,0 (1986)	10,7	36,5 (1994)	21,5
Жовтень	8,9	-8,0 (2001)	5,0	32,6 (1999)	13,8
Листопад	2,0	-17,9 (1999)	-0,8	20,6 (2010)	5,0
Грудень	-2,4	-27,8 (1997)	-4,8	13,7 (2000)	0,2
Рік	9,0	-30,0 (1950)	4,9	40,9 (2010)	13,7

Опади на території дослідження можуть бути у рідкому та твердому агрегатних станах. Лімітуючими чинниками є кількість і розподіл Опадів. На рис. X представлено відсотковий розподіл опадів протягом року. У середньому у червні опади – 52,6 мм, що складає 11% від загального запасу

опадів за рік. Середньорічна кількість опадів досягає максимуму у 550 мм. Найвологіший місяць – грудень, січень, найбільш сухий – березень. У літні місяці кількість опадів становить 29% від річної суми, у зимовий період опади випадають у вигляді снігу.



Рис. 2.2. Відносний розподіл опадів у м. Дніпро

Для досліджуваної території характерна долинна циркуляція, підсилена бризовою циркуляцією на березі річки Дніпро [7].

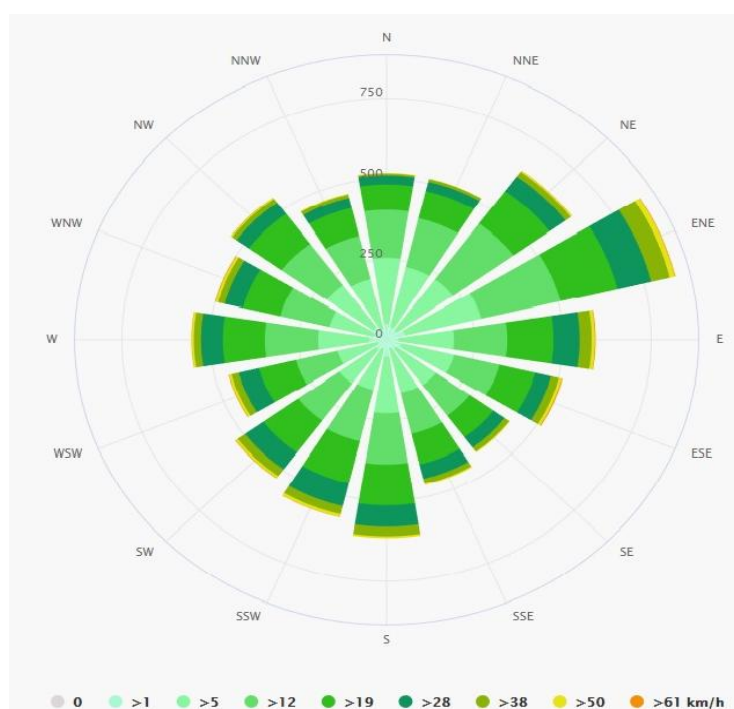


Рис. 2.3. Напрямки переважаючих вітрів у м. Дніпро

Серед несприятливих погодно-кліматичних явищ у досліджуваному регіоні спостерігаються відлиги, морози з сильними вітрами, суховії та пилові бурі. Серед інших погодних явищ трапляються тумани, які можуть траплятися від 50 днів на рік на височинах, та до 70 днів у знижених ділянках, хуртовини, грози та град. Для міста характерні посушливі періоди навесні та у першій половині літнього періоду, які підсилюються сухими вітрами – суховіями [7,12].

Таким чином, комплекс погодно-кліматичних умов м. Дніпро відповідає вимогам інтродукованого з Північної Америки виду листопадного дерева – робінії несправжньоакації.

2.3. Ґрунти досліджуваного регіону

Ґрунтовий покрив регіону дослідження має зональний характер. Розповсюджені чорноземи звичайні глибокі середньо та мало гумусні, пілуватато-середньосуглинкові та пілуватато-важкосуглинкові ґрунти [12].

Найвищою родючістю характеризуються чорноземи звичайні середньогумусні, найнижчою – солонці. Родючість дерново–підзолистих ґрунтів невисока, вони потребують агрохімічного вдосконалення. У місті висока частка ґрунтів високої родючості, виведених із господарського обігу внаслідок антропогенної трансформації, а також відведення земель промислову та житлову забудову та транспортні комунікації. У місті Дніпро ґрунти зі значним антропогенним навантаженням, які характеризуються значної деградацією.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Характеристика об'єкту дослідження – робінії несправжньоакації

Робінія несправжньоакація (*Robinia pseudoacacia* L.) – дерево до 25 м заввишки. У природі зростає на сході Північної Америки на вологих вапнякових ґрунтах, нерідко разом із сосною формує мішані лісові насадження [5]. Крона робінії ажурна, розлога. Кора стовбура товста, з рельєфним рисунком глибоких тріщин. Листя складне, до 25 см завдовжки, з 7–9 овальними листочками, навесні розпускаються пізно, восени до морозів у не встигають пожовтіти. Суцвіття китиця, квітки запашні. Початок квітування з 5 років, у середині червня. Плоди – боби, дозрівають у вересні-жовтні. Світлолюбна, зростає швидко, стійка до вітрів та посухи [19]. У молодому віці часто ушкоджується низькими температурами. Невідповідність погодно-кліматичним умовам веде до скорочення тривалості життєвого циклу. Розмножується насінням та активно вегетативно. На освітлених галявинах продукує численні кореневі паростки. Широко застосовується у озелененні промислових міст, як лісотвірний та меліоративний вид (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Насадження робінії несправжньоакації

3.2. Методика дослідження

Дослідження інтенсивності флуоресценції хлорофілу було здійснено у насадженнях загального користування міста Дніпро – паркових урбоценозах протягом вегетаційного сезону 2020–2021 років. Польові роботи проводилося за сприятливих метеорологічних даних.

Для визначення впливу абіотичних чинників довкілля, а саме температури атмосферного повітря, вологості повітря та освітлення на фізіологічні процеси фотосинтезу робінії несправжньоакації обиралися листки середньої формації. із освітленого та затіненого боку на річному вегетативному пагоні з різних крони різної експозиції

Вимірювання освітленості проведені люксометром РСЕ-174, заміри температури та відносної вологості повітря – термогігрометром НЕ-173. Для діагностики флуоресценції хлорофілу у фітомасі листя робінії використано портативний флуорометр «Флоратест», який характеризується наступними даними «спектральний діапазон вимірювання інтенсивності флуоресценції 670–800 нм; площа приймального вікна 9 мм²; чутливість фотоприймача на $\lambda = 650$ нм 0,45 А/В. Опромінення в сенсорі: довжина хвилі опромінення 470±15 нм; площа опроміненої плями не менше 15 мм²; освітленість в межах плями не менше 2,4 Вт·м²».

Залежність активності флуоресценції хлорофілу має визначений характер графіку з одним чи декількома максимумами. Ця крива набула назви «крива індукції флуоресценції хлорофілу або крива Каутського». Форма графіка є достатньо сприятливою до трансформаційних змін, що можуть виникати у асиміляційному апараті рослинних організмів за адаптаційних змін до різноманітних умов зростання рослин, що слугувало базисом широкого застосування ефекту Каутського у дослідженні фотосинтетичних процесів (рис. 3.2).

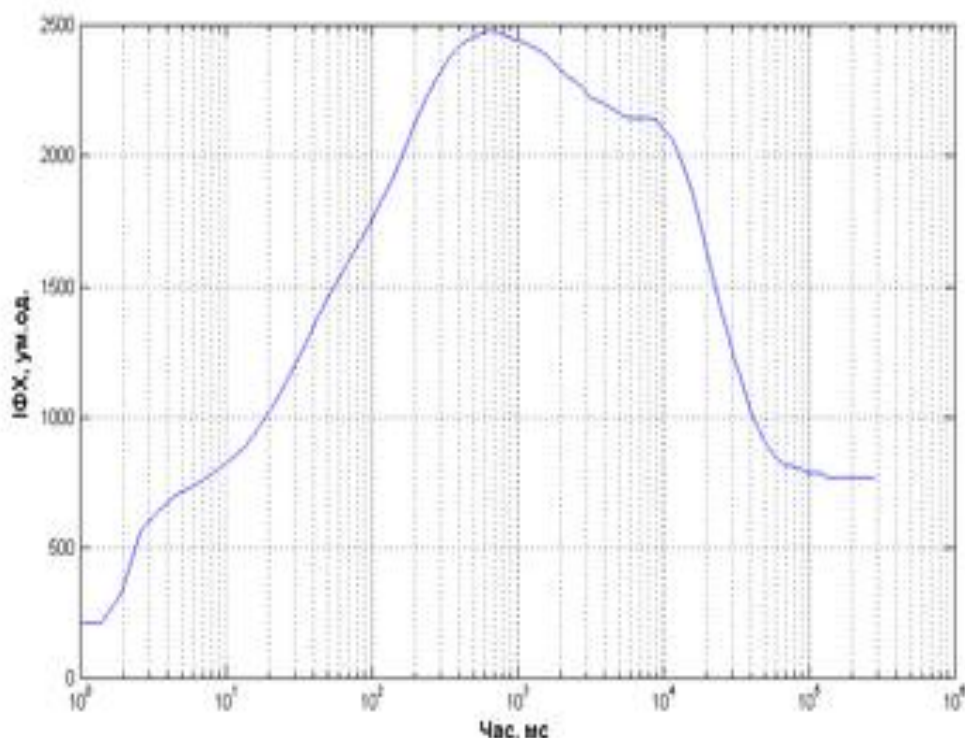


Рис. 3.2. Індукція флуоресценції хлорофілу (джерело <https://uk.wikipedia.org>)

За баченням J. Mills та ін. [30] «у початковий момент часу усі канали фотосинтетичного переносу електронів відкриті і максимум енергії збуджених електронів йде на фотосинтетичний процес. У цей період флуоресценція хлорофілу мінімальна, і її інтенсивність на кривій Каутського позначають F_0 . Перехід від F_0 до F_p зумовлений переносом електронів від реакційних центрів ФС II через феотін до первинних акцепторів хіонів. Перехід від F_0 до F_p спостерігається, наприклад, за короткого періоду темної адаптації. Повільна фаза індукції флуоресценції хлорофілу являє собою всі індукційні переходи після досягнення піку F_m . Тому порушення окремих ланок фотосинтезу, які викликані екзо- та ендогенними екологічними чинниками, проявляються у характерних змінах відповідних відрізків кривої індукції флуоресценції хлорофілу».

3.3 Результати досліджень та обговорення

3.3.1 Аналіз трендів основних абіотичних кліматичних чинників, які впливають на показники фотосинтезу рослин

Дослідження фізіологічних процесів рослин, які визначають ріст, розвиток та первинну продуктивність мають базуватися на оцінюванні кліматичних та погодних чинників, оскільки усі складові, які формують даний комплекс факторів характеризуються значною складністю та мінливістю. Кліматичні й погодні характеристики регіону являють складну взаємопов'язану динамічну систему. Клімат регіону дослідження визначається значною кількістю елементів. При вирішенні різних питань функціонування зелених насаджень у промислових містах важливо з'ясувати, які фактори абіотичного середовища є визначальними і спричиняють значущий вплив на основний фізіологічний процес фотосинтезу.

У дипломній роботі було визначено динаміку змінювання основних кліматичних чинників, які визначають ріст і розвиток рослин – середньорічної температури атмосферного повітря, річної суми та розподілу опадів та гідротермічного коефіцієнту у м. Дніпро (рис.3.3).

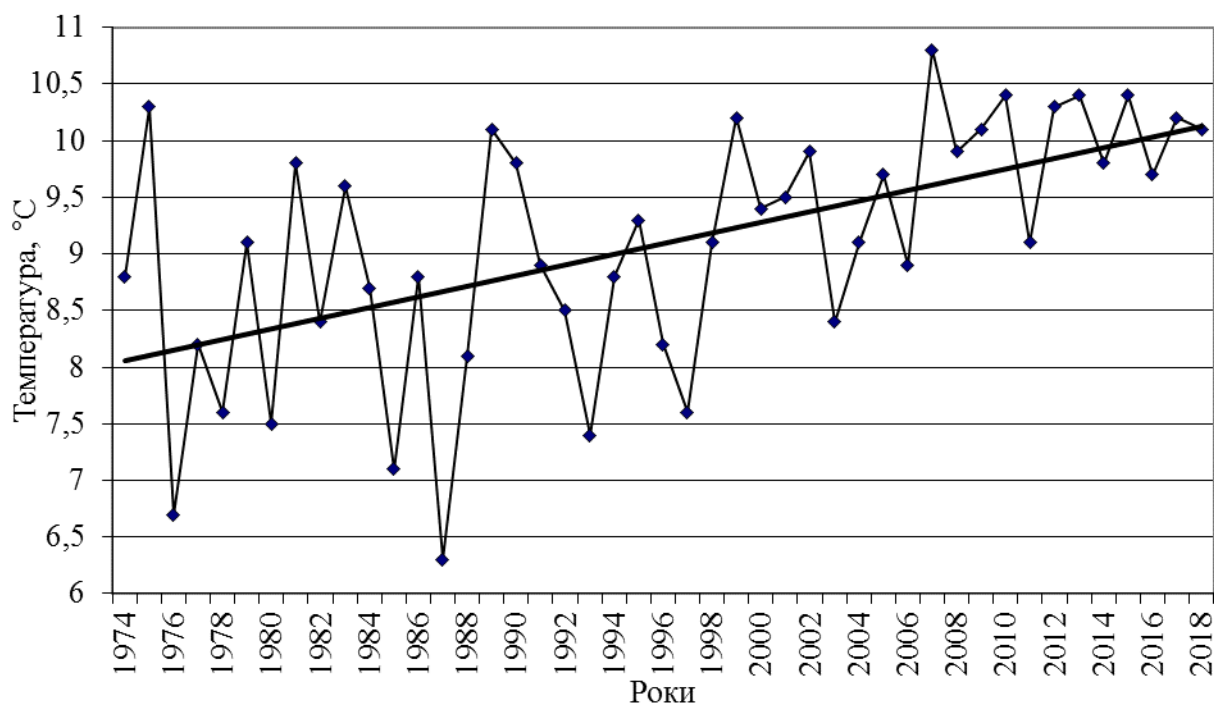


Рис. 3.3. Тренд середньорічної температури атмосферного повітря у м. Дніпро

Як можна спостерігати за наведеними на рисунку даними, наявний тренд підвищення середньорічної температури за останні сорок сім років спостереження у м. Дніпро. Для регіону дослідження середньорічна температура знаходиться у діапазоні значень 6,2–10,7 °С. У певні роки температура атмосферного повітря значно відрізняється від тренду середніх значень. Середньорічні температури, які тяжіють до значень нижньої межі: 1987 – +6,2 °С; 1976 – +6,7 °С та 1985 – +6,2 °С, вищих – 1975 – +10,3 °С та 2007 – +10,7 °С. За статистичними даними, збільшення показника середньорічної температури можна оцінити у 1,3–1,6 °С.

Сума опадів та її розподіл за роками обумовлюється значною кількістю факторів – геоморфологію, сонячною радіацією, переважаючими напрямками вітрів. Динаміка річної суми опадів у досліджуваному місті наведена на рис. X. Діапазон значень річної суми опадів для м. Дніпро складає 350–930 мм. Кількість опадів у рік складає 550 мм.

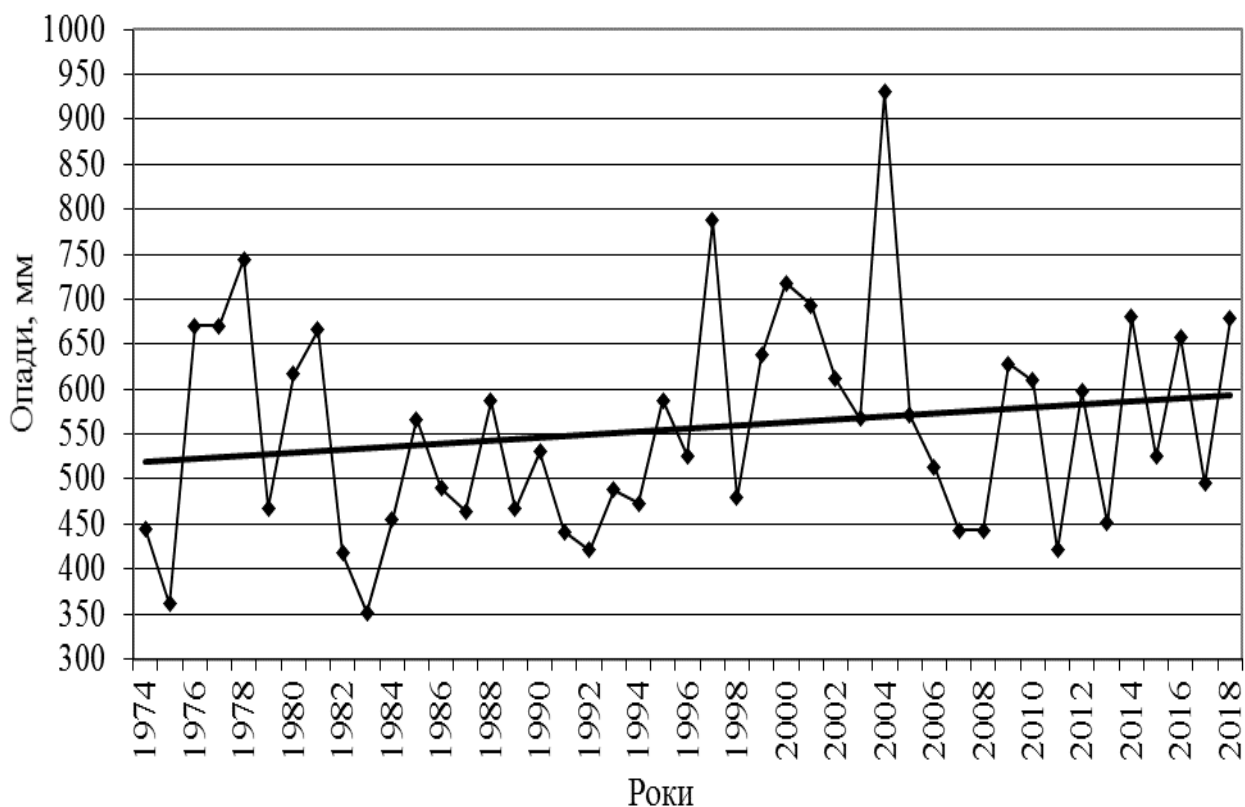


Рис. 3.4. Сума опадів за рік у м. Дніпро

Гідротермічний індекс, що демонструє залежність між кількістю фактичних опадів (мм), що траплялися у період зі значеннями температури атмосферного повітря, які були більшими за 10 °С до суми температур у цей же період, поділеної у 10 разів. У регіоні дослідження коефіцієнт Селянінова відповідає значенням – 0,51–2,00 (рис. 3.5).

У досліджуваному місті спостерігається чергування років, які можна охарактеризувати як сильно посушливі (ГТК $\leq 0,5$) та надмірно зволожені роки (ГТК $\geq 1,5$).

Задля оцінювання актуальної погодно-кліматичної ситуації застосовують клімадіаграму, яка була запропонована Госсеном і Вальтером. Дана графічна інформація демонструє взаємні залежності між значеннями середньомісячної температури і кількістю опадів (рис. 3.7).

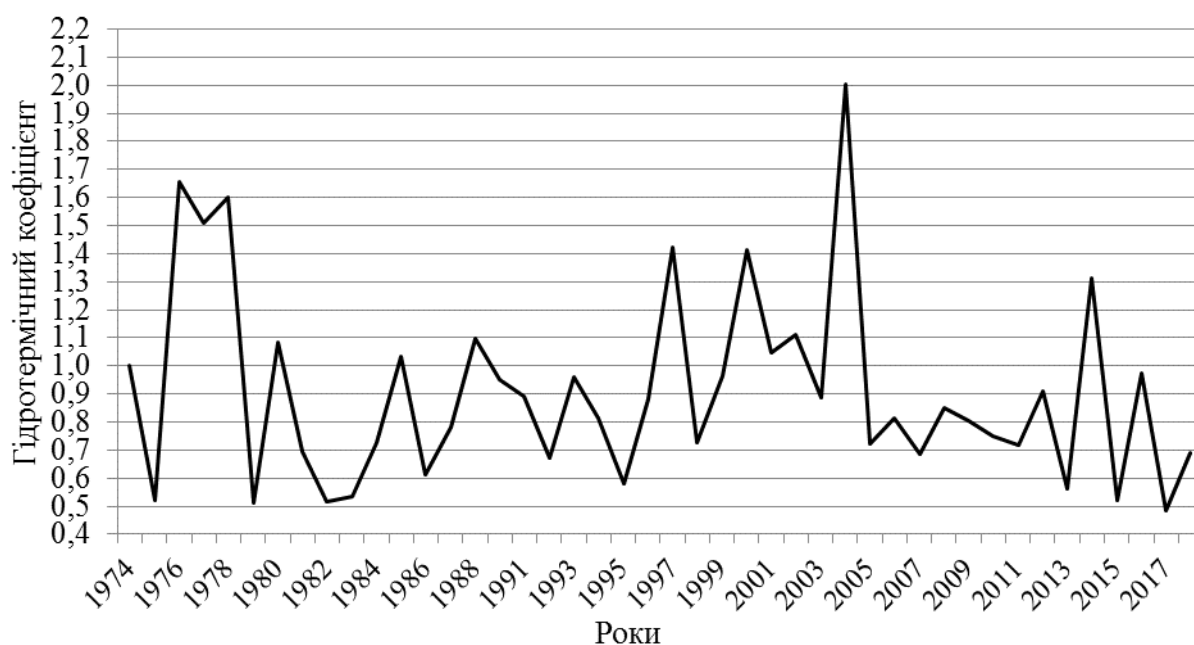


Рис. 3.5. Коефіцієнт Селянінова у регіоні дослідження

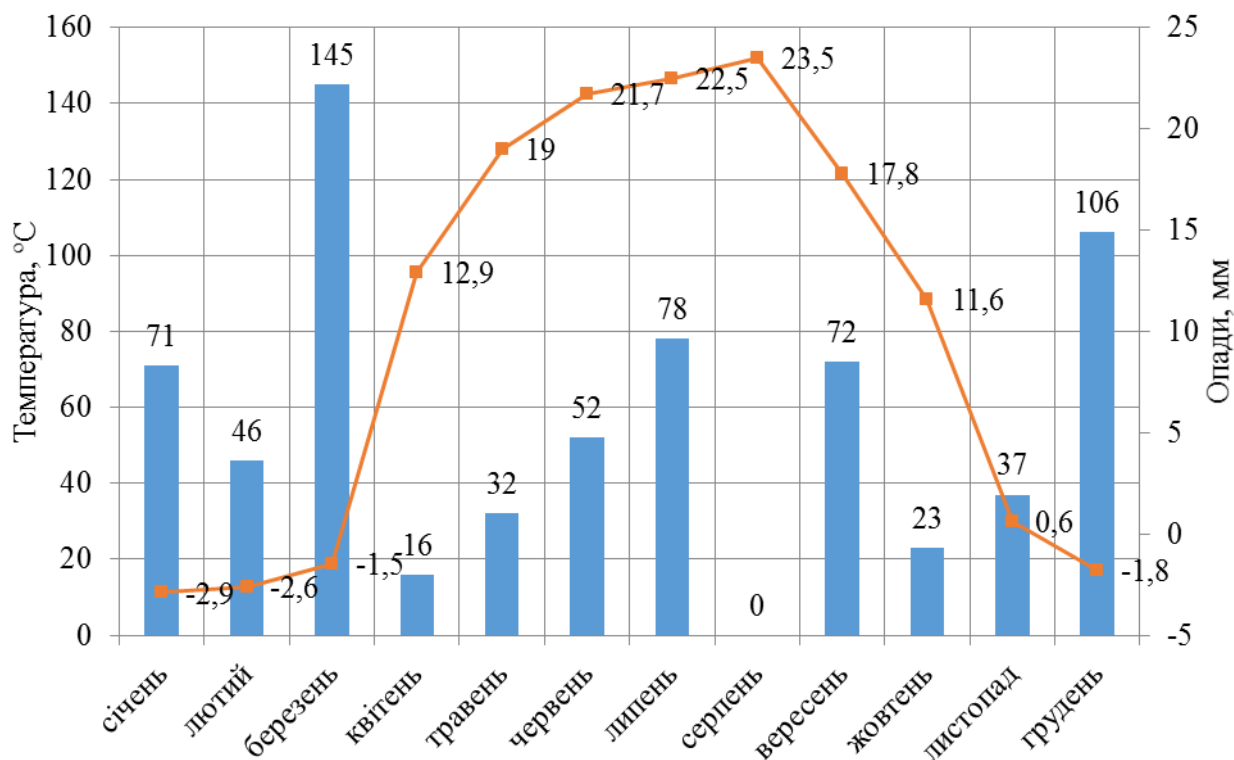


Рис. 3.6. Кліматичні показники регіону дослідження за 2021 рік

Місяцями року, у яких фіксувалася середньомісячна температура з від'ємними значеннями були січень, лютий, березень та грудень. Найбільше значення середньої температури місяця зафіксовано у серпні. Необхідно звернути увагу, що протягом цього місяця не спостерігалось опадів. Розподіл суми опадів за місяцями року є нерівномірним: максимальних значень вони сягали у березні – 145 мм та грудні – 106. У весняно-літній період спостерігався дефіцит вологи.

3.3.2. Вплив температури атмосферного повітря, вологості повітря та освітлення на інтенсивність флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації

Визначення інтенсивності флуоресценції хлорофілу у листках робінії несправжньоакації, яка входить до складу системи озеленення м. Дніпро передбачало встановлення впливу на фонову, максимальну й стаціонарну флуоресценції основних абіотичних чинників середовища функціонування

дерев – температури атмосферного повітря, вологості атмосферного повітря та рівня освітлення. Результати вимірювання інтенсивності різних видів флуоресценції хлорофілу та значення розрахункових коефіцієнтів дисперсійного аналізу наведено у таблицях 3.1–3.3.

Таблиця 3.1

Флуоресценція хлорофілу в листках робінії за діапазону температури

Флуоресценція	Діапазон значень температур							P	F-розрахункове	F- критичне
	16,1-17,9	18,0-19,7	23,1-26,9	27,0-28,7	29,0-30,8	31,0-32,9	33,0-41,0			
F_0	378,7	324,2	395,9	434,2	512,0	479,1	554,7	0,00005	5,23	2,15
	-	-	395,9	434,2	512,0	479,1	554,7	0,105	1,95	2,43
F_m	1604,3	1541,9	1312,3	1352,9	1435,1	1484,9	1469,3	0,528	0,86	2,15
F_{st}	1533,9	1365,7	980,7	990,1	1053,5	1104,6	1161,3	0,0001	5,06	2,15
	1533,9	1365,7	-	-	-	-	-	0,332	0,96	4,10
	-	-	980,7	990,1	1053,5	1104,6	1161,3	0,414	0,99	2,43
F_v/F_m	0,73	0,74	0,64	0,66	0,62	0,64	0,60	0,035	2,31	2,15
	0,73	0,74	-	-	-	-	-	0,926	0,01	4,10
			0,64	0,66	0,62	0,64	0,60	0,789	0,43	2,43

При встановленні впливу абіотичного чинника – температура атмосферного повітря, фонові флуоресценція була проаналізована у діапазоні температури 16,0–41,0 °С. Абсолютні значення фонові флуоресценції знаходилися у діапазоні 324,2–554,7 у.о. Мінімальна інтенсивність фонові флуоресценції фіксувалася за температури повітря 18,0–20,0 °С. Відзначено тенденцію збільшення інтенсивності фонові флуоресценції зі зростанням температури повітря. Найбільше значення зафіксовано у діапазоні температур 31,0–40,0 °С. Результати дисперсійного аналізу дозволяють констатувати статистично значущий вплив температури на результуючий показник, що підтверджується розрахунковим значенням критерію Фішера, який перевищує значення критичного коефіцієнту. Проте, несуттєвим, є вплив на інтенсивність фонові флуоресценції температури повітря 16,0–19,7 °С.

Інтенсивність максимальної флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації має зворотну тенденцію від фонової. Спостерігається зниження її активності зі збільшенням значень температури атмосферного повітря. Мінімальні рівні цього фізіологічного показника фотосинтезу 1312,3 у.о. фіксуються у діапазоні температур 23,0–27,9 °С. Значущого впливу температури на максимальну флуоресценцію у дослідженні не встановлено.

Стаціонарна флуоресценція виявляє максимальну інтенсивність і демонструє найвищі значення за низьких температур атмосферного повітря 16–18 °С. За умови підвищення температури спостерігається тренд зменшення значень стаціонарної флуоресценції. Зазначена тенденція підтверджується розрахованим критерієм Фішера. Необхідно зазначити, що значуще змінювання стаціонарної флуоресценції хлорофілу робінії виявляється у діапазоні температур 20,0–23,0 °С.

Індекс максимальної квантової ефективності є інформативним показником, який надає можливість оцінити механізми, що обумовлюють трансформації ефективності фотосинтезу. Зміна зазначеного коефіцієнту зумовлена зміною інтенсивності нефотохімічного гасіння при фотосинтетичних процесах. Значення F_v/F_m демонструють потенційну квантову ефективність ФС II та застосовуються, як інформативний показник інтенсивності асиміляційних процесів автотрофних організмів. Для видів рослинних організмів, значеннями, які демонструють оптимальне функціонування у фітоценозах, є близькими до 0,83.

На рис. X наведено тренд індексу максимальної квантової ефективності фотосистеми II, який демонструє залежність від температурного фактору навколишнього середовища.

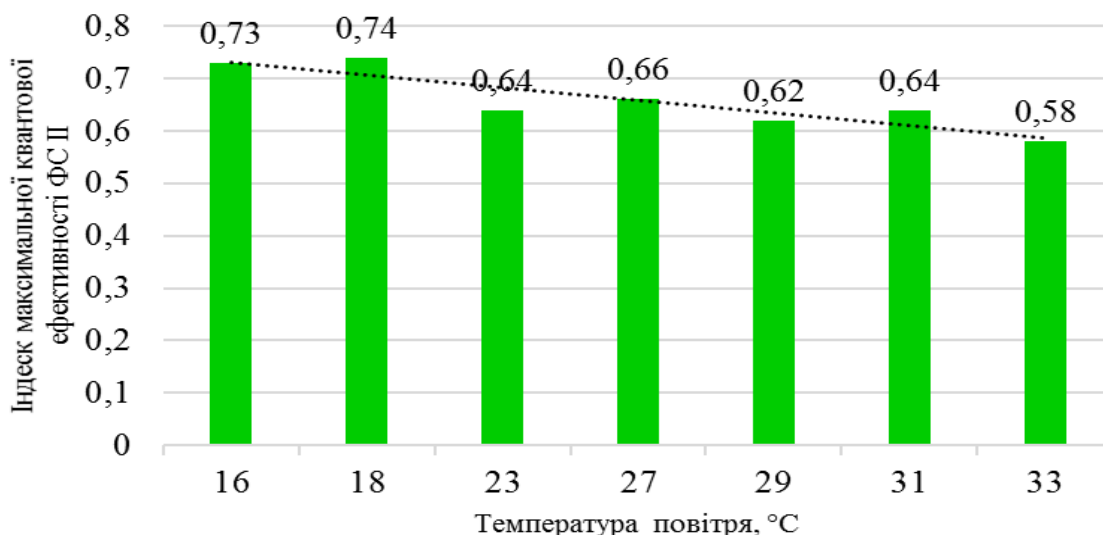


Рис. 3.7. Індекс максимальної квантової ефективності фотосистеми II за різних значень температури повітря

Індекс максимальної квантової ефективності фотосистеми II (F_v/F_m) має значення від 0,60 до 0,74. Наявна чітка тенденція до зменшення значень цього коефіцієнту при підвищенні температури атмосферного повітря, що підтверджується розрахунковим критерієм Фішера. Значуще зменшення значень індексу відбувається за температури 20–23 °C.

Інтенсивність фонові, максимальної та стаціонарної флуоресценцій було виміряно за відносної вологості повітря 31–50 %. Аналіз значень фонові флуоресценції за умови градації відносної вологості повітря, дозволило встановити, що максимального рівень її інтенсивності спостерігається за низького рівня цього екологічного чинника 31–34 %. Подальше підвищення значень вологості спричиняє зменшення інтенсивності фонові флуоресценції (табл. 3.2).

Найбільші значення максимальної флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації спостерігаються за вологості повітря 31–34 та 44–50 %. Стаціонарна флуоресценція досягає максимальної інтенсивності за насичення атмосферного повітря вологою у 39–41 %, менш інтенсивною вона є за крайніх значень вимірюваної вологості. Суттєвої достовірної зміни значень активності максимальної та стаціонарної флуоресценцій за підвищення відносної вологості повітря не виявлено.

Таблиця 3.2

Флуоресценція хлорофілу в листках робінії за діапазону вологості повітря

Показник флуоресценції	Діапазон значень вологості повітря						<i>P</i>	<i>F</i> -розрахункове	<i>F</i> - критичне
	31,1-33,9	34,0-36,9	37,0-38,0	39,0-41,4	42,0-43,9	44,0-50,0			
F_0	615,8	416,5	383,1	399,9	390,2	546,3	0,000	10,80	2,26
	-	416,5	383,1	399,9	390,2	-	0,743	0,41	2,66
F_m	1534,9	1453,3	1323,3	1492,5	1374,8	1563,4	0,681	0,62	2,26
F_{st}	1164,4	1094,3	1070,1	1296,4	1145,8	1096,5	0,253	1,33	2,26
F_v/F_m	0,58	0,68	0,66	0,67	0,69	0,65	0,101	1,87	2,26

Мінімальне значення (0,58) індексу максимальної квантової ефективності фотосистеми II, яке значно відрізняється від оптимального, фіксується за вологості повітря 31–34 %. Зі збільшенням насичення повітря вологою нормалізується функціонування активних центрів фотосистеми II, що знаходить відображення у збільшенні значень відношення F_v/F_m . Проте слід відмітити, що наближення до оптимальних значень не відбувається (рис. 3.8).

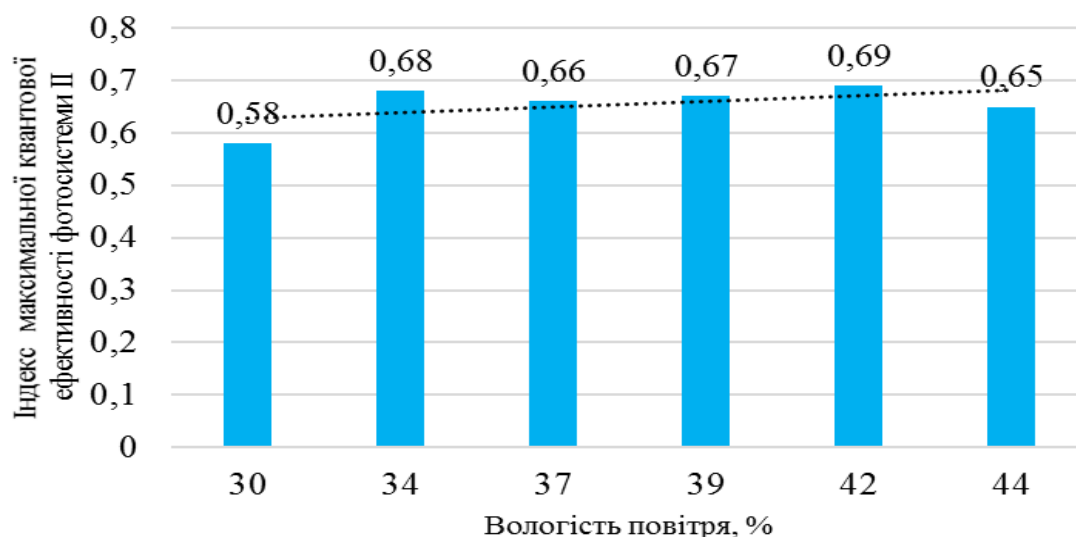


Рис. 3.8. Індекс максимальної квантової ефективності фотосистеми II за різних значень вологості атмосферного повітря

Таблиця 3.3

Флуоресценція хлорофілу в листках робінії за діапазону освітлення

Показники флуоресценції	Діапазон значень освітлення							<i>P</i>	<i>F</i> -розрахункове	<i>F</i> - критичне
	156-299	308-494	501-700	721-916	1005-1420	1700-4780	6180-9080			
F_0	465,5	446,0	446,8	493,6	360,0	414,0	395,6	0,352	1,12	2,15
F_m	1649,0	1545,0	1424,9	1115,0	1305,3	1685,4	983,8	0,00001	6,04	2,15
	1649,0	1545,0	1424,9	-	-	-	-	0,129	2,08	3,06
	-	-	-	-	1305,3	1685,4	-	0,096	3,05	4,35
F_{st}	1213,9	1206,4	1148,7	948,2	1034,7	1327,8	723,4	0,003	3,48	2,15
	1213,9	1206,4	1148,7	-	-	-	-	0,764	0,27	3,06
	-	-	-	948,2	1034,7	-	-	0,561	0,35	4,16
F_v/F_m	0,71	0,68	0,64	0,52	0,68	0,73	0,57	0,0001	5,10	2,15
	0,71	0,68	0,64	-	-	-	-	0,201	1,62	3,06
	-	-	-	-	0,68	0,73	-	0,296	1,15	4,35

Аналізуючи вплив освітлення умов зростання робінії несправжньоакації фітоценозів м. Дніпра на різні види флуоресценції хлорофілу встановлено, що максимальна інтенсивність фонові флуоресценції виявляється при освітленні у діапазоні значень 730–916 люкс, тоді як мінімальні значення цього виду флуоресценції – за освітлення у 1000–1400 люкс. Розрахункове значення критерію Фішера, отримане як результат дисперсійного аналізу, є нижчим за критичне, що дозволяє констатувати відсутність суттєвої залежності інтенсивності фонові флуоресценції від рівня освітлення навколишнього середовища.

Максимальна й стаціонарна флуоресценції хлорофілу є суттєво залежними від рівня освітлення. Стаціонарна флуоресценція демонструє свої максимальні рівні, при освітленні у 1700–4700 люкс, і мінімізується при високих значеннях – 6000–9000 люкс. У діапазонах освітлення 156–700 та 170–9080 люкс, середні значення стаціонарної не є відмінними (рис. 3.9).

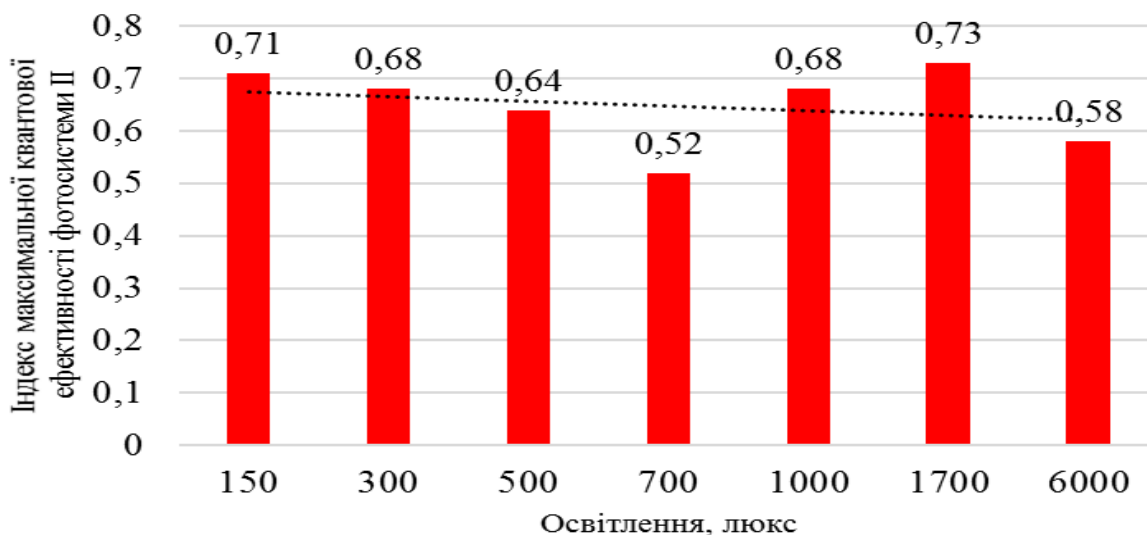


Рис. 3.9. Індекс максимальної квантової ефективності фотосистеми II за різних значень вологості атмосферного повітря

Коефіцієнт максимальної квантової ефективності фотосистеми II виявляє наближені до оптимального значення при освітленні середовища 1700-4080 люкс і істотно залежить від умов освітлення функціонування дерев робінії несправжньоакації в умовах насаджень м. Дніпро.

3.3.3. Математичне моделювання флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації залежно від абіотичних кліматичних чинників

Наступний етап дослідження передбачав розроблення математичних залежностей, методами нелінійної регресії, які можна використати для розрахунку різних типів флуоресценцій за значеннями чинників навколишнього середовища.

Результати побудови математичних регресійних залежностей показників флуоресценції від факторів абіотичної природи у поодинокому та комбінованому впливі представлено у таблиці 3.4.

Наведені дані демонструють, що не усі змодельовані регресійні рівняння мають статистично значущі коефіцієнти детермінації. Для однофакторних математичних моделей статистично значущі коефіцієнти, як a , так і b , знайдено у випадку залежності показника фонові та стаціонарної

флуоресценції від температури атмосферного повітря, а також показників максимальної та стаціонарної флуоресценції від освітленості умов зростання.

Таблиця 3.4.

Математичні залежності для розрахунку різних видів флуоресценції хлорофілу робінії несправжньоакації у насадженнях м. Дніпро

Fluorescence indexes (Y)	<i>a</i>	SE[<i>a</i>]	<i>b</i>	SE[<i>b</i>]	<i>c</i>	SE[<i>c</i>]	<i>d</i>	SE[<i>d</i>]	<i>R</i> ²
<i>One-factor model</i>									
<i>Y=a×H^b (1)</i>									
<i>F</i> ₀	2271.00	84.390	-0.453	0.301			-	-	0.02
<i>F</i> _m	689.318	51.364	0.206	0.258			-	-	0.01
<i>F</i> _{st}	483.587	50.250	0.237	0.285					0.01
<i>Y=a×T^b (2)</i>									
<i>F</i> ₀	53.214	4.081	0.638	0.034			-	-	0.12
<i>F</i> _m	2009.49	61.771	-0.096	0.104			-	-	0.01
<i>F</i> _{st}	5343.54	17.227	-0.468	0.063					0.08
<i>Y=a×L^b (3)</i>									
<i>F</i> ₀	588.305	12.514	-0.044	0.012			-	-	0.01
<i>F</i> _m	3199.036	60.685	-0.124	0.030			-	-	0.09
<i>F</i> _{st}	2163.417	45.485	-0.101	0.034					0.05
<i>Two-factor models</i>									
<i>Y=a×H^b×L^c (1)</i>									
<i>F</i> ₀	1558.727	46.199	-0.288	0.096	-0.035	0.002	-	-	0.09
<i>F</i> _m	1122.632	89.761	0.286	0.142	-0.123	0.030	-	-	0.04
<i>F</i> _{st}	606.933	10.262	0.358	0.173	-0.105	0.034			0.08
<i>Y=a×T^b×H^c (2)</i>									
<i>F</i> ₀	31.821	4.785	0.663	0.151	0.120	0.307	-	-	0.09
<i>F</i> _m	540.101	27.836	-0.003	0.001	0.276	0.096	-	-	0.04
<i>F</i> _{st}	1680.588	40.23	-0.371	0.123	0.228	0.024			0.02
<i>Y=a×T^b×L^c (3)</i>									
<i>F</i> ₀	70.925	4.802	0.640	0.133	-0.046	0.020	-	-	0.13

F_m	4632.012	176.118	-0.109	0.009	-0.126	0.031	-	-	0.09
F_{st}	10867.21	208.757	-0.480	0.099	-0.110	0.033	-	-	0.14
<i>Three-factor model</i>									
$Y=a \times T^b \times H^c \times L^c$									
F_0	27.586	2.673	0.688	0.151	0.223	0.103	-0.049	0.019	0.13
F_m	654.381	14.824	0.016	0.001	0.416	0.078	-0.121	-0.031	0.08
F_{st}	1262.514	34.640	-0.327	0.120	0.438	0.108	-0.099	0.033	0.11

Примітка: рівень значущості = 0,05; $a-d$ – коефіцієнти регресії; SE – стандартне відхилення. R^2 – коефіцієнт кореляції.

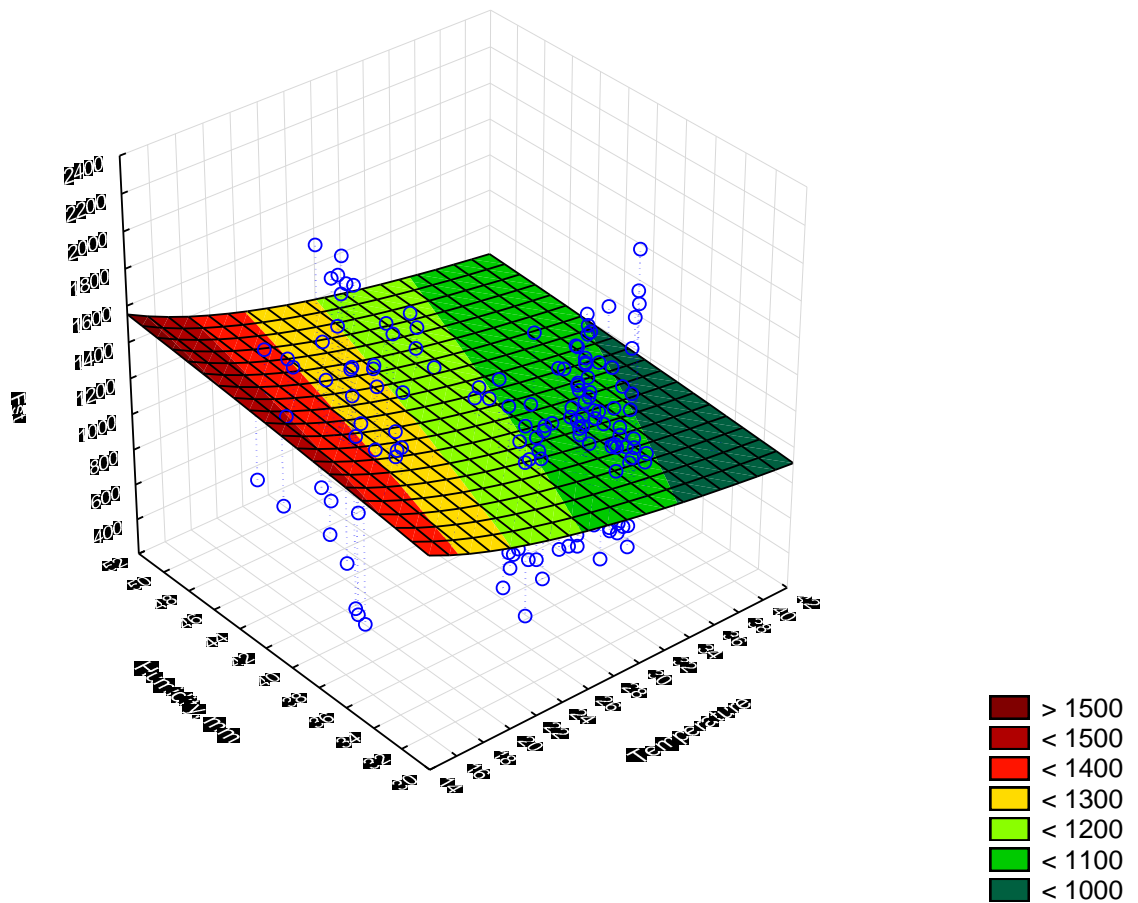


Рис. 3.10. Розподіл залишків математичної залежності стаціонарної флуоресценції від температури та вологості повітря

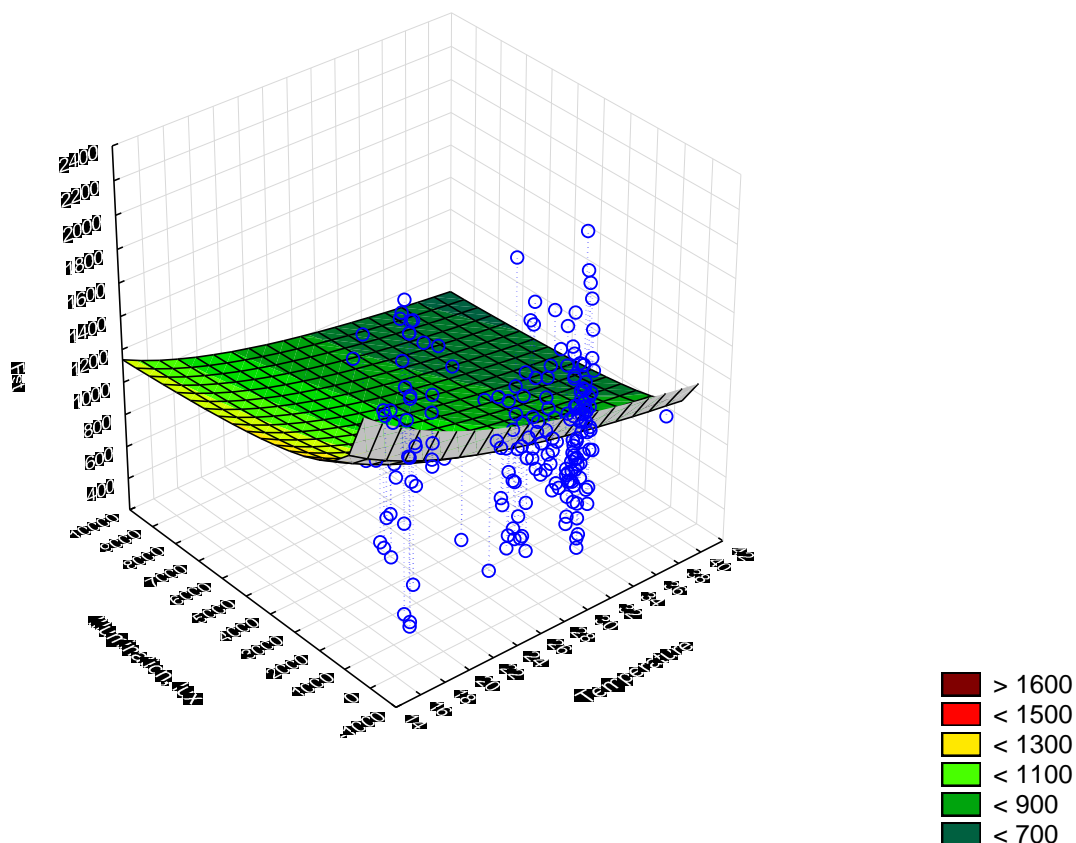


Рис. 3.11. Розподіл залишків математичної залежності стаціонарної флуоресценції від температури повітря та освітлення

Розроблення двофакторних регресійних моделей виявило статистично значущі коефіцієнти (a , b , c) у разі побудови регресійної залежності стаціонарної флуоресценції від температури атмосферного повітря та освітленості. Для максимальної флуоресценції статистично значущими виявились коефіцієнти a і c , для фонові флуоресценції – a і b . У разі застосування трифакторної моделі регресії (залежність від температури, вологості та освітлення), у найбільшій кількості статистично значущими виявились коефіцієнти, знайдені для стаціонарної флуоресценції.

У цілому, керуючись результатами статистичного оброблення отриманих математичних регресійних моделей, слід зазначити, що у найбільшій мірі показники флуоресценції залежать від температури атмосферного повітря та освітлення, тоді як для відносної вологості повітря подібної залежності не встановлено.

4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги безпеки під час догляду за зеленими насадженнями

Охорона праці та її безпека у діяльності зеленого господарства міст в Україні при здійсненні догляду за зеленими насадженнями регламентується «Правилами охорони праці у міському зеленому господарстві», затвердженого Наказом Міністерства праці України № 270 від 06.10.200 р.

Правила поширюються на працівників організацій та підприємств України, незалежно від форм власності та підпорядковування, які виконують роботи на об'єктах міського зеленого господарства.

Правила встановлюють вимоги безпеки, гігієни праці та виробничого середовища до технологічних процесів, пов'язаних зі створенням, доглядом, вирощуванням та утриманням зелених насаджень у міських парках та скверах та на територіях житлової забудови.

Для організації робіт з питань охорони праці на підприємствах міського зеленого господарства слід керуватися: вимогами Законом України «Про охорону праці», нормативно-правовими актами з охорони праці Кабінету Міністрів України, Держнаглядохоронпраці України, Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України, правилами та стандартами безпеки праці.

В організаціях та на підприємствах зеленого будівництва, з урахуванням вимог «Правил охорони праці у міському зеленому господарстві» мають бути розроблені інструкції з охорони праці з урахуванням місцевих умов та особливостей технологічних процесів.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони та параметри мікроклімату не повинні перевищувати норм, встановлених ДСТУ 12.1.005-88 та ДСТУ 12.1.007-76.

Рівні шуму та вібрації на робочих місцях, створювані машинами та механізмами, не повинні перевищувати норм, встановлених ДСТУ 12.1.003-83 та ДСТУ 12.1.012-90.

Електробезпека робіт на об'єктах міського зеленого господарства повинна забезпечуватися дотриманням вимог ДСТУ 12.1.013-78, ДСТУ 12.1.019-79, ДСТУ 12.1.030-81, ДСТУ 12.1.038-82.

Під час виконання робіт на об'єктах міського зеленого господарства мають бути передбачені заходи захисту працюючих від таких небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- рухомі машини, механізми та частини виробничого обладнання;
- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- підвищена чи знижена вологість та рухливість повітря;
- підвищене значення напруги електричної мережі;
- відсутність або нестача природного світла;
- гострі кромки інструменту та обладнання;
- розміщення робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі;
- токсична дія речовин на організм людини.

При виконання робіт на об'єктах міського зеленого господарства необхідно дотримуватись вимог затвердженої технологічної документації, відповідних норм і правил.

Під час роботи з технологічним обладнанням, машинами та механізмами слід дотримуватись вимог безпеки, відповідно до правил та інструкцій з їх експлуатації заводів-виробників.

Догляд за зеленими насадженнями загального користування у містах передбачає такі роботи, як обрізка дерев, лікування ран на штамбі та скелетних гілках, внесення добрив та захист від хвороб та шкідників шляхом застосування засобів захисту.

При обрізанні дерев використовуються дробини та різні ріжучі інструменти, Для запобігання можливим пошкодженням при роботі з цими інструментами, необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки. Усі операції з обрізки високих дерев слід проводити під безпосереднім керівництвом бригадира.

Обрізку високих дерев дозволяється виконувати зі драбини, яка надійно скріплена. Забороняється проводити роботу із драбин з поламаними сходинками.

При роботі на драбинці, висота якої перевищує 3 м біля її основи, обов'язкова страховка іншого робітника.

Забороняється приставляти дробини безпосередньо до дерев й гілок, підкладати під нижні кінці дробин каміння та інші предмети. Підйом по одній драбині одночасно двом робітникам заборонено. Не дозволяються роботи з обрізки дерев під час та після дощу до просихання стовбура скелетних гілок.

Забороняється при обрізанні дерев залазити на дерева і ставати на тонкі гілки. При зрізанні гілок різакон не можна ставати під гілкою, яка зрізається, і знаходитися під деревом стороннім особам.

Робітники, які проводять обрізку дерев, повинні бути забезпечені рукавицями, страхувальними поясами, захисними окулярами та касками.

Забороняється класти у кишені, чоботи і на майданчик драбини садову замазку, ножі, секатори та інший інструмент, які застосовується при обрізанні, лікуванні ран та дупелів дерев.

Не допускається обрізка високих дерев поблизу ліній електропередач, які знаходяться під напругою.

Особливої обережності потрібно дотримуватися під час роботи з різальним інструментом. Під час роботи з садовими ножами не можна допускати, щоб вільна рука та інші частини тіла знаходилися на шляху його руху. Особливо потрібно стежити за розташуванням ножа та рук під час проведення косих зрізів на живцях. Щоб не порізати великий палець, не можна підтягувати до нього ніж. При зрізанні тонких гілок, які пружинять, необхідно іншою рукою створювати упор нижче місця зрізу.

Відповідно до стандарту секатор повинен мати обмежувач, що запобігає сходження кінців рукояток ближче ніж на 15 мм. Пружина секатора повинна розводити ножі вільно, без заїдань, а рукоятки не повинні мати

задирок та тріщин. При обрізанні пагонів секатором вільну руку не можна тримати ближче ніж на 15 –20 см від його ножів.

Під час перерви у роботі, ножі та секатори мають бути закритими. При закриванні ножа його слід брати великим і вказівним пальцями біля шарнірної осі, потім долонями направляти обушок клинка на ручку. Інші пальці не повинні перекривати паз у ручці ножа і перебувати на лінії руху леза. Під час відкривання та закривання ножа його лезо потрібно спрямовувати убік від працюючих. Для заточування та виправлення ножів секатора забороняється користуватися брусками та осями довжиною менше 10 см, а також перевіряти гостроту леза інструменту пальцями. Перевірку гостроти леза здійснюють за допомогою прутика або шматочка кори.

Для перенесення ріжучого інструменту кожен робітник повинен бути забезпечений сумкою або легкою переносною скринькою.

До роботи з електрифікованим та пневматичним різальним інструментом допускаються особи, які вивчили правила експлуатації та догляду за ним, пройшли спеціальний інструктаж та знайомі із загальними вимогами електробезпеки. Приводити в дію такий інструмент можна тільки у випадку, якщо його ріжуча та протиріжуча частини повністю охопили гілку. Забороняється приводити його в дію вхолосту. Не можна працювати з ручним механізованим інструментом із приставних сходів. Робота зі драбини допускається лише за наявності огорожі всього робочого майданчика та відповідних упорів на ніжках драбини.

Під час перерви у роботі та ремонту електрифікованого та пневматичного ріжучого інструменту, таких як зміна ножів, регулювання, заточення, слід від'єднати його від джерела струму або пневматичного приводу. Забороняється залишати без нагляду ручний механізований інструмент, приєднаний до електромережі або пневматичної мережі.

Ізоляція проводів та пневматичний шланг завжди повинна бути у справному стані. При недостатній ізоляції струмопровідних частин корпус електрифікованого інструменту може бути під напругою, тому його потрібно

обов'язково заземлювати. Перед початком роботи слід перевіряти справність заземленого пристрою. Працювати з електрифікованим інструментом слід у гумових рукавичках та діелектричному взутті.

Не можна торкатися рукою частини електричного або пневматичного інструменту, який обертається. При підведенні електроенергії до місця роботи забороняється прокладати кабель електропостачання через під'їзні колії.

Під час роботи категорично забороняється натягувати та перегинати шланги пневматичних інструментів та кабелі електроінструментів, не допускається перетин їх з тросами, електрокабелями та електрозварювальними проводами, які знаходяться під високою напругою, та зі шлангами газозварників та газових різаків.

Безпеку праці при використанні засобів захисту рослин (ЗЗР) та мінеральних добрив необхідно забезпечувати шляхом організації спеціальних підрозділів для виконання робіт; навчання персоналу, механізації всіх робіт, вибору найбільш безпечних прийомів та режиму робіт, застосування робітниками засобів індивідуального захисту, дотримання регламентів застосування ЗЗР, пестицидів та добрив; проведення системи профілактичних заходів.

Роботи з використання добрив проводять за допомогою відповідних машин та механізмів. Добрива необхідно вносити у дозах та у строки, передбачені агрохімічною службою.

Для запобігання отруєнню летючими сполуками азотних та рідких комплексних добрив не можна проводити ручні роботи під час підживлення рослин.

При засипанні в бункер сухих добрив, що пилять, слід надіти окуляри і респіратор і знаходитися з підвітряного боку.

Перед включенням розкидачу добрив слід переконатися у відсутності людей у зоні його дії. Під час роботи відцентрових розкидачів слід

знаходитись від них на відстані не менше 10 м. Забороняється прочищати розкидаючі пристрої машин під час роботи.

Для роботи при догляді за зеленими насадженнями використовують різні за конструкцією та призначенням машини та агрегати. Їх технічний стан та порядок експлуатації повинні відповідати вимогам інструкції та чинних стандартів.

Перед початком роботи робітник повинен переконатися у технічній справності машини. Приєднання до трактора причіпних або навісних машин з'єднання й навішування трактора можна здійснювати лише при зупиненому тракторі та вимкненій передачі.

У машин, які приводяться у дію через карданну передачу від валу відбору потужності трактора, усі з'єднання, які обертаються, повинні бути закриті кожухами.

Кожен тракторний агрегат, якщо його обслуговують як тракторист, а й інші особи, обладнують двосторонньої сигналізацією. Якщо на агрегаті працює кілька людей, механізатор перевіряє, чи вони зайняли робочі місця, після чого дає попереджувальний сигнал і починає роботу.

На підніжках, майданчиках, причіпному пристрої під час руху агрегатів не повинно бути людей.

При виявленні будь-якої несправності у процесі роботи робітник зобов'язаний негайно його зупинити.

Під час руху агрегату забороняється перебувати попереду, сходити з трактора та машин, сідати на них, сидіти на крилах, підніжках, зчіпках та інших місцях, крім спеціального сидіння.

При обслуговуванні ґрунтообробних машин - плугів, культиваторів, борозн, фрез, небезпечні ситуації можуть виникнути під час очищення робочих органів, яку потрібно проводити тільки при зупиненому агрегаті та опущених робочих органах у рукавицях за допомогою спеціального приладдя.

Механізми, призначені для роботи в безпосередній близькості від крон дерев, повинні бути обладнані обтічниками, що запобігають завданню травм трактористу та обслуговуючого персоналу. Під час обробки ствольних смуг культиватором не можна перебувати в зоні автоматичного повороту ножа.

Роботи з догляду за зеленими насадженнями, які передбачають використання ЗЗР, пестицидів, застосування твердих та рідких добрив, передбачають відповідність вимогам безпеки та охорони праці. Заборонено використовувати пестициди, які не дозволені у державі до застосування. Усі роботи з хімічного обробку ґрунту та рослин проводять під керівництвом спеціаліста із захисту рослин.

Надходження пестицидів до атмосферного повітря, ґрунту, поверхневих та підземних вод, не повинно перевищувати регламентованих гігієнічних норм. При роботі обприскувача слідкувати за показаннями манометра та підтримувати встановлену швидкість агрегату. Після роботи з ЗЗР та пестицидами механізм очищають від засобів та миють й оброблюють на спеціальних майданчиках. До виконання технологічних операцій із ЗЗР, пестицидами, мінеральними та органічними добривами, працівники без засобів індивідуальної захисту не допускаються.

При догляді за зеленими насадженнями, перед внесенням у ґрунт мінеральні добрива мають бути відповідним чином підготовлені. Не допускається наявність у них сторонніх предметів. При груповій роботі розкидачів напрямом та спосіб руху вибирають так, щоб потік добрив, які викидаються, не потрапляв на кабіни тракторів.

4.2. Правила безпеки при видаленні та спилюванні дерев

Організаційне керівництво роботами з видалення та спилювання дерев здійснює майстер, зазначений у наряді-допуску або розпорядженні по підприємству.

До робіт з видалення деревної та чагарникової рослинності можуть бути допущені особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд та

визнані придатними за станом здоров'я для виконання цих робіт, а також пройшли інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам та прийомам виконання роботи, навчання правилам надання першої допомоги; перевірку знань вимог охорони праці.

Під час роботи з видалення дерево-чагарникової рослинності кожен робітник повинен мати при собі посвідчення.

Працівники, які допущені до робіт з валки дерево-чагарникової рослинності, повинні виконувати Правила внутрішнього трудового розпорядку, дотримуватися режиму праці та відпочинку, встановлені для підприємства зеленого будівництва у місті.

До роботи з бензопилою допускаються працівники, які пройшли спеціальне навчання та мають посвідчення, а також мають відповідну групу допуску з електробезпеки.

Закріплення бензопил за працівником визначається розпорядженням чи наказом по підприємству. Працівники, зайняті управлінням та обслуговуванням бензопил повинні знати інструкцію заводу-виробника бензопили, будову та призначення усіх частин бензопили, їх окремих вузлів, а також правила експлуатації та догляду за ними.

Працівники, які працюють з бензопилою повинні бути забезпечені та правильно користуватися засобами індивідуального захисту – захисною каскою, окулярами, рукавицями, спецодягом та спецвзуттям.

Організаційне керівництво роботами з видалення та спилування дерев здійснює майстер, зазначений у наряді-допуску або розпорядженні по підприємству.

Не дозволяється виконання спилування та видалення деревно-чагарникової рослинності дерево-чагарникової рослинності одним працівником на несправному обладнанні за наявності вітру, швидкістю понад 10 м/с.

У процесі роботи при спилуванні й видаленні дерев на працівників можливий вплив наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- розташування робочих місць на значній висоті;
- конструкції, які пересуваються;
- травмування пилюкою при необережному поводженні;
- падіння гілок.

Неприпустиме розпивання спиртних напоїв під час роботи на території та у приміщеннях підприємства, а також поява на роботі у нетверезому вигляді.

Палити та приймати їжу дозволяється лише у спеціально відведених для цієї мети місцях.

Працівники зобов'язані негайно повідомляти керівнику про будь-яку ситуацію, яка загрожує життю та здоров'ю людей, про кожен нещасний випадок, який стався на виробництві, або про погіршення свого здоров'я.

Працівник, який допустив порушення чи невиконання вимог інструкції з охорони праці, розглядається як порушник виробничої дисципліни і може бути притягнутий до дисциплінарної відповідальності, а залежно від наслідків, і до кримінальної; якщо порушення пов'язане із заподіянням матеріальних збитків, то винний може залучатися до матеріальної відповідальності в установленому порядку.

Перед початком робіт виконавець попередити усіх членів бригади про небезпеку наближення дерев, які спилюються до канатів та дротів електромереж.

Щоб уникнути падіння дерев на дроти до початку спилювання й видалення дерев, повинні бути застосовані відтяжки. При загрозі падіння дерев на високовольтні лінії електромереж спилювання й видалення дерев не дозволяється до їх відключення.

У разі падіння дерева на дроти не допускається наближатися до нього на відстань менше 8 м до зняття напруги з високовольтної лінії електронапруги.

Перед заведенням двигуна бензиномоторної пилки слід:

- провести зовнішній огляд пилки, переконатися у справності та надійності кріплення всіх її частин;
- надіти та натягнути пильний ланцюг;
- наповнити бак бензомоторної пилки горючою сумішшю;
- видалити з поверхні пилки залишки палива та бензину шляхом протирання.

Забороняється заправляти пилу для спилювання дерев паливною сумішшю на відстані ближче 20 м від відкритого вогню, а також палити під час заправки.

При запуску двигуна пилки необхідно:

- розмістити пилу так, щоб зубки пилки не торкалися навколишніх предметів;
- переконатися у відсутності сторонніх осіб на відстані не менше ніж 1,5 м;
- зайняти стійке положення, запустити двигун;
- прогріти двигун на малих обертах;
- виконати обкатку нового ланцюга на холостому ході;
- пробним пилянням переконатися у правильному заточенні ланцюга та справній роботі інструменту;
- після зупинки двигуна відрегулювати натяг ланцюга.

Про виявлені пошкодження під час огляду та випробування бензомоторної пилки при неможливості їх усунення самотужки слід повідомити майстра. Працювати несправною пилкою заборонено.

Під час спилювання дерев пилка повинна спиратися на стовбур або ковзати по ньому, переміщаючись от гілки до гілки.

Забороняється пиляння кінцевою частиною, задля уникнення відкидання пилки на працівника.

При обрізанні гілок на деревах слід зайняти стійке положення з лівого боку дерева, ставлячи ступні ніг на відстані 30–40 см один від одного. Кінці ступнів ніг не повинні знаходитись ближче 10–12 см від дерева. Міняти

положення ніг можна тільки після закінчення робочого циклу або коли пильна шина знаходиться на протилежному боці стовбура, а корпус пилки спирається на стовбур.

Нижні гілки зрізають окремо. Гілки, на які спирається дерево, обрізають із застосуванням необхідних заходів, які попереджають переміщення та осадку ствола на ноги. Ноги повинні знаходитися на незахараченій ділянці 30–40 см від стовбура.

Спилювання гілок з боку робітника слід здійснювати верхньою частиною ланцюга рухом пилки від себе.

При спилюванні дерево-чагарникової рослинності бензопилою необхідно:

підпилювати з того боку, у яку намічено валити дерево;

підпилювати дерево з двох сторін або по колу не дозволяється;

підпилювати прямостоячі дерева на глибину $1/4$ – $1/3$ діаметра у місці спилювання, дерева з нахилом у бік валки – на $1/3$ діаметра, дерева з кутом нахилу на понад 5° у протилежний бік – на $1/5$ – $1/4$ діаметра.

Пильщик повинен:

виконувати нижню площину підпилу перпендикулярно до осі дерева; при цьому верхній зріз підпилу повинен утворювати з нижньою площиною кут 30 – 40° або бути паралельним до нижньої площини підпилу і знаходитися від неї на $1/8$ діаметра дерева у місці спилювання;

спилювати дерево перпендикулярно його осі в межах верхнього різку та вище нижньої площини підпилу не менше ніж на 2 см;

залишати підпил у здорових дерев діаметром до 40 см – 2 см. У дерев, які мають гnilі, недопил збільшується у порівнянні зі здоровими на 2 см. Валити дерева без недопила не дозволяється;

у дерев, які мають бічний нахил стовбура або крони по відношенню до напрямку свалювання, недопил виконувати у формі клину, вершина якого обернена у бік нахилу.

Пильщику не дозволяється:

робити валку дерев у темний час доби;
передавати управління пилкою особам, які не мають на це права;
працювати пилкою з ланцюгом, що затупився;
проводити заправку та ремонт пилки, зміну пиляльного ланцюга та його натяг, поворот редуктора пилки при працюючому двигуні;

Підходити до працівника, який робить обрізку гілок, ближче ніж на 5 м не дозволяється.

Переходити від дерева до дерева слід під час роботи двигуна на малих оборотах, коли пиляльний ланцюг не рухається.

Перед валкою гнилих і сухостійних дерев необхідно випробувати їхню міцність. Підрубувати такі дерева сокирою не дозволяється. Хворі та сухостійні дерева необхідно валити у бік їхнього природного нахилу. Спилювання дерев з односторонньою зовнішньою гниллю здійснюється з підпилом у бік гнилі. У дерев з внутрішньою гниллю підпилювання робиться до гнилі.

При підпилюванні та спилюванні дерев упор бензопили необхідно надійно здійснити у дотик зі стовбуром, потім легким натисканням ввести пильний ланцюг у деревину. При недотриманні цієї вимоги пильна шина може відскочити від дерева та травмувати працівника.

На початку падіння дерева пильщики повинні негайно відійти на безпечну відстань по заздалегідь підготовлених шляхах відходу, стежачи при цьому за деревом, яке падає, та гілками.

Не допускається збивання одного або кількох підпиляних дерев іншими деревами.

Не дозволяється залишати підрубані, недопиляні або завислі в процесі валки дерева.

Дерева в гніздах порості або зрощені у пня необхідно валити у бік їхнього природного нахилу. Кожне дерево має бути повалено окремо. Підпил та спилювання таких дерев здійснюється у зручному місці на висоті ствола, залежно від діаметра.

Робота зі спилювання дерев повинна бути припинена при виявленні порушення небезпечної зони, а також під час зливи, при грозі, сильному снігопаді, густому тумані з видимістю на рівнинній місцевості менше 50 м, і швидкості вітру більше 10 м/с на рівнинній місцевості.

Кожен робітник повинен уміти надавати першу допомогу. Допомогу необхідно надавати негайно безпосередньо на місці події. Насамперед потрібно усунути джерело травмування – вимкнути двигун, зупинити механізм, витягти постраждалого з-під батога тощо.

Надання допомоги треба починати з найістотнішого, що загрожує здоров'ю або життю людини: при сильній кровотечі накласти джгут, а потім перев'язати рану; за підозри на закритий перелом накласти шину; при відкритих переломах спочатку слід перев'язати рану та накласти шину; при опіках накласти суху пов'язку; при обмороженні уражену ділянку обережно розтерти, використовуючи м'які тканини.

При підозрі на пошкодження хребта транспортувати потерпілого можна лише у положенні лежачи на жорсткій поверхні.

У разі виникнення пожежі робітники повинні вимкнути пилку, відключити джерело електропостачання, викликати пожежну охорону та розпочати гасіння пожежі, користуючись наявними засобами пожежогасіння.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. У м. Дніпро, середньорічна температура знаходиться у діапазоні значень 6,2–10,7 °С. За сорокап'ятирічний період фіксовано збільшення показника середньорічної температури на 1,3–1,6 °С. Показник річної суми знаходиться у діапазоні значень – 350–930 мм. Середньорічна кількість опадів становить 400–500 мм. Спостерігається чергування років, які можна охарактеризувати як сильно посушливі зі значенням гідротермічного індексу $\leq 0,5$ та надмірно зволожені роки де гідротермічний коефіцієнт перевищує значення 1,5.
2. Абсолютні значення фонові флуоресценції відповідають діапазону значень 324,2–554,7. Мінімальна інтенсивність фонові флуоресценції фіксується за температури повітря 18,0–20,0 °С. Спостерігається зниження активності максимальної флуоресценції зі збільшенням значень температури атмосферного повітря. Статистично значущого впливу температури на максимальну флуоресценцію у дослідженні не встановлено. Стаціонарна флуоресценція виявляє максимальну інтенсивність і демонструє найвищі значення за низьких температур атмосферного повітря 16–18 °С.
3. Максимальний рівень фонові флуоресценції спостерігається за низького рівня вологості атмосферного повітря у 31–34 %. Подальше підвищення значень вологості спричиняє зменшення інтенсивності фонові флуоресценції. Найбільші значення максимальної флуоресценції хлорофілу робінії несправжньооакації спостерігаються за вологості повітря 31–34 та 44–50 %. Стаціонарна флуоресценція досягає максимальної інтенсивності за насичення атмосферного повітря вологою у 39–41 %, менш інтенсивною вона є за крайніх значень вимірюваної вологості.
4. Активація фонові флуоресценції виявляється при освітленні у діапазоні значень 730–916 люкс, мінімальні значення цього виду флуоресценції – за освітлення у 1000–1400 люкс. Максимальна й стаціонарна флуоресценції хлорофілу є суттєво залежними від рівня освітлення. Стаціонарна

флуоресценція демонструє свої максимальні рівні, при освітленні у 1700–4700 люкс, і мінімізується при високих значеннях – 6000–9000 люкс.

5. Індекс максимальної квантової ефективності фотосистеми II за досліджених значень температури має значення від 0,60 до 0,74. Наявна чітка тенденція до зменшення значень цього коефіцієнту при підвищенні температури атмосферного повітря. Мінімальне значення (0,58) індексу максимальної квантової ефективності, яке значно відрізняється від оптимального, фіксується за вологості атмосферного повітря 31–34 %. Коефіцієнт максимальної квантової ефективності виявляє наближені до оптимального значення при освітленні середовища 1700–4080 люкс і істотно залежить від освітлення умов функціонування дерев робінії несправжньоакації в умовах насаджень м. Дніпро.
6. Розроблено одно-, дво- та трифакторні регресійні моделі залежності фонові, максимальної та стаціонарної флуоресценції за коефіцієнтами регресії, які виявляють вплив температури, вологості повітря та освітлення. Для максимальної флуоресценції статистично значуще рівняння – $Fm = 70,925 \times H^{4,802} \times L^{0,133}$, стаціонарної – $Fst = 588,305 \times H^{12,514} \times T^{0,124}$. Отримані рівняння можна застосовувати для розрахунку зазначених типів флуоресценції, керуючись фактичними значеннями показників абіотичних чинників умов зростання робінії несправжньоакації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антал Т.К., Волгушева А.А., Кукарских Г.П., Кренделева Т.Е., Тусов В.Б., Рубин Ф.Б. Исследование изменений параметров флуоресценции хлорофилла в клетках *Chlamydomonas reinhardtii* в условиях серного голодания. Биофизика. 2006. № 51(2). С. 292–298.
2. Бучельников М.А. Замедленная флуоресценция хлорофилла в биоиндикации воздушных загрязнений: автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.16. – Красноярск, 1999. 23 с.
3. Веселовский В.А., Веселова Т.В. Люминесценция растений. Теоретические и практические аспекты. М.: Наука, 1990. 200 с.
4. Венедиктов П.С., Волгин С.Л., Казимирко Ю.В., Кренделев Т.Е., Кукарских Г.П., Макарова В.В., Лаврухина О.Г., Погосян С.И., Яковлева О.В., Рубин А.Б. Использование флуоресценции хлорофилла для контроля физиологического состояния зеленых насаждений в городских экосистемах. Биофизика. 1999. № 44(6). С. 1011–1037.
5. Виноградова Ю.К., Куклина А.Г., Ткачёва Е.В. Инвазионные виды семейства Бобовых: люпин, галега, робиния, аморфа, карагана. Москва: АБФ, 2014. 231 с.
6. Волгушева А.А., Яковлева О.В., Конюхов И.В. Изучение параметров флуоресценции хлорофилла а хлоропластов коры деревьев тополя, растущих в разных районах города Улан-Батор. МКО. 2009. № 2. С. 180–197.
7. Горб А.С., Дук Н.М. Клімат Дніпропетровської області. Дніпропетровськ: ДНУ, 2006. 174 с.
8. Григорьев Ю.С., Знак Н.Ю., Гладышев Е.Е., Гехман А.В.. Температурная зависимость замедленной флуоресценции водорослей, адаптированных к различным температурам. Физиология растений. 1989. № 36(2). С. 376–391.

9. Карапетян Н.В., Бухов Н.Г. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений. Физиология растений. 1986. № 33(5). С. 985–1013.
10. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: Альтерпресс, 2002. 231 с.
11. Креславский В.Д., Христин М.С. Последствия теплового шока на индукцию флуоресценции и низкотемпературные спектры флуоресценции листьев пшеницы. Биофизика. 2003. № 48(5). С. 865–872.
12. Кульбіда М.І., Барабаш М.Б., Єлістратова Л.О., Адаменко Т.І., Гребенюк Н.П., Татарчук О.Г., Корж Т.В. Клімат України: у минулому і майбутньому. Київ: Сталь, 2009. 163 с.
13. Лепедуш Х., Вильевач М., Цезар Н., Любешич В. Оценка функционального состояния фотосинтетического аппарата у хвои ели с признаками хлороза на слабом и сильном свете по измерениям флуоресценции хлорофилла *in vivo*. Физиология растений. 2005. № 52(2). С. 191–197.
14. Лохматов Н.А., Гладун Г.Б. Лесные мелиорации в Украине: история, состояние, перспективы. Харьков: Новое слово, 2004. 77 с.
15. Нестеренко Т.В., Тихомиров А.А. Применение онтогенетического подхода для флуоресцентных исследований фотосинтетического аппарата растений в стрессовых условиях. Биофизика. 2005. № 50. С. 335–340.
16. Нестеренко Т.В., Шихов В.Н., Тихомиров А.А. Термоиндукция флуоресценции хлорофилла и возрастное состояние листьев высших растений. Физиология растений. 2011. № 47(2). С. 1–9.
17. Пахарькова Н.В., Калякина О.П., Шубин А.А., Григорьев Ю.С. Флуоресцентная диагностика зимнего покоя хвойных в урбоэкосистемах с различным уровнем загрязнения воздушной среды. Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2009. № 4. С. 359–367.

- 18.Рубин А.Б., Кренделева Т.Е. Регуляция первичных процессов фотосинтеза. Биофизика. 2004. № 49(2). С. 239–253.
- 19.Трещевская Э.И., Тихонова Е.И., Малинина Т.А., Навалихин С.В. Использование робинии лжеакации (*Robinia pseudoacacia* L.) для облесения техногенно нарушенных земель. Лесотехнический журнал. Природопользование. 2017. № 3. С. 151–157.
- 20.Шавнин С.А. Семкина Л.А., Ефимова Л.И. Особенности индукционных кривых флуоресценции хлорофилла интродуцированных видов семейства *Oleaceae*. Популяционная кология и интродукция растений. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 124 с.
- 21.Шихов В.Н. Исследование методом термоиндукции флуоресценции хлорофилла физиологического состояния фитоценозов в условиях светокультуры при температурных и световых воздействиях: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.02. Красноярск, 2000. 22 с.
- 22.Binder W.D., Fielder P. Chlorophyll fluorescence as an indicator of frost hardiness in white spruce seedlings from different latitudes. New Forests. 1996. № 11. С. 233–253.
- 23.Bolhar-Nordencampf H., Lechner E. Temperature and light-dependent modification of chlorophyll fluorescence kinetics in spruce needles during winter. Photosynthesis Res. 1988. № 18(1,2). С. 276–287.
- 24.Capozzi F., Di Palma A., Adamo P., Spagnuolo V., Giordano S. Monitoring chronic and acute PAH atmospheric pollution using transplants of the moss *Hypnum cupressiforme* and *Robinia pseudoacacia* leaves. Atmospheric Environment. 2017. № 150. С. 45–54.
- 25.Khediye E., Shirvany A., Assareh M., Sharkey T. In situ emission of BVOCs by three urban woody species. Urban Forestry and Urban Greening. 2017. № 21. С. 153–157.
- 26.Koniger M., Bollinger N. Chloroplast movement behavior varies widely among species and does not correlate with high light stress tolerance. Planta. 2012. № 236. С. 411–426.

27. Krause G.H. Changes in chlorophyll fluorescence in relation to light-dependent cation transfer across thylacoid membranes. *Biochim. et Biophys. Acta.* 1974. № 333(2). C. 301–341.
28. Lawson S.T., Perkins T.D., Adams G.T. Wintertime patterns of chlorophyll fluorescence in red spruce (*Picea rubens* Sarg.) foliage. *Journal of Sustainable Forestry.* 2000. № 10. C. 149–153.
29. Lundmark T., Bergh J., Strand M., Koppel, A. Seasonal variation of maximum photochemical efficiency in boreal Norway spruce stands. *Trees.* 2003. № 13. C. 63–67.
30. Mills J., Barber J. Energy-dependent cation-induced control of chlorophyll a fluorescence in isolated intact chloroplast. *Arch. Biochem. Biophys.* 1975. № 170(1). C. 306–327.
31. Miszalski Z., Niewiadomska E.E., Kapa P., Skawinski T. Evaluating the superoxide dismutase activity and chlorophyll fluorescence in *Picea abies* leaves growing at different altitudes. *Photosynthetica.* 2000. № 38(3). C. 379–384.
32. Nippert J.B., Duursma R.A., Marshall J.D. Seasonal variation in photosynthetic capacity of montane conifers. *Functional ecology* 2004. № 18. C. 876–886.
33. Oguist G., Huner N.P.A. Photosynthesis of overwintering evergreen plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2003. № 54. C. 329–355.
34. Saton K. Fluorescence induction and activity of ferredoxin – NADP⁺ reductase in Bryopsis chloroplasts. *Biochim. et biophys. Acta.* 1981. № 638. № 2. C. 327–334.
35. Verhoeven A.S., Swarberg A., Thao M., Whiteman J. Seasonal changes in leaf antioxidant systems and xanthophylls cycle characteristics in *Taxus media* growing in Sun and Shade Environments. *Physiol. Plant.* 2005. № 123. C. 428–434.

36. Vredenberg W.J. Chlorophyll a fluorescence induction and changes in the electrical potential of the cellular membranes of green plant cells. *Biochim. et Biophys. Acta*. 1970. № 223(2). C. 230–238.
37. Walkovszky A. Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*. 1998. № 41. C. 155–160.
38. Zarter R.C., Demming B., Adams V., Ebbert I., Adamaska W. Photosynthetic capacity and light harvesting efficiency during the winter-to-spring transition in subalpine conifers. *New phytologist*. 2006. № 172. C. 283–292.