



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Факультет агротехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Зав. кафедри рослинництва та
садівництва ім. проф. В.В. Калитки
(повна назва кафедри)**

к.с.-г.н., доц. Максим КОЛЕСНИКОВ

(підпис)

(посада, ініціали та прізвище)
(завідувача кафедри)

«20» січня 2026 р.

(дата попереднього захисту)

ДИПЛОМНА РОБОТА

ОР «Магістр»

**на тему : «Вплив режиму освітлення на проростання насіння та початковий
ріст сіянцив фісташки (*Pistacia vera* L.)»**

Шифр **12 РС Д. . 000 000 ПЗ**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 МБ АГК спеціальності 201– Агрономія

Крижановський Максим Олексійович

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Керівник к.с.-г.н., доц.

Білусова Зоя Володимирівна

(посада, звання)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Консультанти доц., к.с.г.н.

Яцух Олег Васильович

(посада, звання)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

	_____	_____	_____
	(посада, звання)	(підпис)	(ініціали та прізвище)
Нормоконтролер	<i>к.с.-г.н., доц.</i>		<i>Герасько Тетяна Володимирівна</i>
	_____	_____	_____
	(посада, звання)	(підпис)	(ініціали та прізвищ)
Рецензенти			
	_____	_____	_____
	(посада, звання)	(підпис)	(ініціали та прізвищ)
	_____	_____	_____
	(посада, звання)	(підпис)	(ініціали та прізвищ)

Запоріжжя – 2026 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет _____ Факультет агротехнологій та екології _____

Кафедра _____ рослинництва та садівництва імені професора В.В. Калитки _____

(назва кафедри)

Освітній рівень Магістр Спеціальність 201 «Агрономія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри рослинництва та садівництва ім. проф. В.В. Калитки
(повна назва кафедри)

к.с.-г.н., доц. Максим КОЛЕСНИКОВ

(підпис)

(посада, ініціали та прізвище)

«24» жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

ДЛЯ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

СТУДЕНТУ _____ Крижановському Максиму Олексійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив режиму освітлення на проростання насіння та початковий ріст сіянців фісташки (*Pistacia vera* L.)

керівник роботи _____ к.с.-г.н., доцент Білоусова Зоя Володимирівна _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затвержені наказом Ректора університету від «24» жовтня 2025 р. № 574-С

2. Строк подання студентом роботи _____ «09» лютого 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Сучасні наукові та науково-практичні літературні джерела з питань біологічних особливостей *Pistacia vera* L., фізіології проростання насіння, фотоморфогенезу рослин та впливу спектрального складу світла на ріст і розвиток деревних культур; дані експериментальних спостережень за проростанням насіння та морфометричними показниками сіянців фісташки за різних режимів освітлення; результати біометричних вимірювань (висота рослин, кількість листків, площа листя, довжина кореневої системи, накопичення біомаси); характеристика ґрунтового субстрату, використаного для пророщування; кліматичні дані періоду проведення досліджень у тепличних умовах Харківської області.

4. Перелік питань, які потрібно розробити встановити вплив режимів освітлення на проростання насіння *Pistacia vera* L.; дослідити особливості формування основних

морфометричних показників сіянців (висота, листковий апарат, коренева система); визначити вплив світлових режимів на накопичення біомаси та співвідношення надземної і підземної частин рослин; обґрунтувати оптимальний режим освітлення для отримання якісного посадкового матеріалу фісташки в тепличних умовах.

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв (підпис)
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	Яцух Олег Васильович к.с.-г.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 24 листопада 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи чи проекту (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Огляд літератури	Березень, 2025	
Умови, методика та агротехніка проведення дослідження	Квітень, 2025	
Результати дослідження та їх аналіз.	Вересень, 2025	
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Листопад, 2025	
Анотація, зміст, вступ, список літературних джерел, висновки	Грудень, 2025	

Студент

Максим КРИЖАНОВСЬКИЙ

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

Зоя БІЛОУСОВА

(підпис)

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Крижановський М.О. Вплив режиму освітлення на проростання насіння та початковий ріст сіянців фісташки (*Pistacia vera* L.). – На правах рукопису.

Дипломна робота ОР «Магістр» за спеціальністю 201 – «Агрономія», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Запоріжжя, 2026. 62 с.

Дослідження проводилися у 2025 році в умовах теплиці Харківської області України.

Основним об'єктом дослідження були процеси проростання насіння та формування морфометричних показників сіянців фісташки справжньої (*Pistacia vera* L.) за різних режимів освітлення. Метою роботи було встановлення впливу спектрального складу та типу освітлення (штучного, природного і комбінованого) на схожість насіння, інтенсивність росту та якість сіянців фісташки в умовах контрольованого середовища.

Проведено порівняльну оцінку п'яти варіантів освітлення: тепло-білого штучного, фіолетового штучного, комбінованого (тепло-біле + природне), комбінованого (фіолетове + природне) та природного денного світла.

За комплексом показників якості сіянців найбільш ефективними виявилися комбіновані режими освітлення, які сприяли формуванню більш життєздатного та вирівняного посадкового матеріалу.

Отримані результати можуть бути використані при розробці технологій вирощування сіянців фісташки в умовах закритого ґрунту з метою підвищення їх якості та адаптивності.

Ключові слова: фісташка, *Pistacia vera* L., режим освітлення, світлодіодне освітлення, проростання насіння, сіянці, морфометричні показники, якість посадкового матеріалу.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	12
1.1 Ботанічна характеристика та походження <i>Pistacia vera</i> L.....	12
1.2 Світло як екологічний фактор у житті рослин.....	15
1.3 Світлодіодні (LED) технології у сучасному рослинництві.....	18
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
2.1 Місце проведення та кліматична характеристика регіону.....	29
2.2 Умови та методика проведення експерименту.....	30
2.3 Моніторинг та обліки.....	33
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
3.1 Схожість насіння фісташки за різних умов освітлення.....	35
3.2 Вплив режиму освітлення на лінійний ріст сіянців.....	37
3.3 Формування листкового апарату та кореневої системи.....	38
3.4 Накопичення біомаси та стан стовбура.....	39
3.5 Обговорення результатів.....	40
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
4.1 Нормативно-правова база з охорони праці в галузі.....	43
4.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	44
4.2.1 Фізичні фактори виробничого середовища.....	45
4.2.2 Хімічні та біологічні фактори.....	46
4.2.3 Механічні та організаційні фактори.....	47
4.3 Заходи щодо оптимізації умов праці.....	48
4.3.1 Організаційно-правові заходи.....	48
4.3.2 Нормалізація мікроклімату.....	49
4.3.3 Забезпечення електробезпеки.....	49
4.3.4 Засоби індивідуального захисту.....	49
4.3.5 Розрахунок потреби в засобах індивідуального захисту.....	50

4.3.6	Режим праці та відпочинку.....	50
4.3.7	Пожежна безпека.....	51
4.3.8	Основні вимоги безпеки під час виконання робіт.....	52
4.4	Заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях.....	52
4.4.1	Визначення найбільш ймовірної надзвичайної ситуації.....	52
4.4.2	Масштаби можливих наслідків	53
4.4.3	Прогнозування вражаючих факторів.....	54
4.4.4	Оцінка обстановки у разі НС.....	54
4.4.5	Заходи цивільного захисту.....	54
4.4.6	Робота добровільної пожежної дружини.....	54
4.4.7	Пожежна безпека.....	55
4.5	Охорона навколишнього середовища.....	55
	ВИСНОВКИ.....	57
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	59

ВСТУП

Фісташка справжня (*Pistacia vera* L.) належить до цінних горіхоплідних культур, що характеризуються високою харчовою та економічною значущістю. У сучасних умовах зміни клімату та розширення асортименту плодкових культур особливої актуальності набуває пошук адаптованих технологій вирощування фісташки у регіонах з помірно-континентальним кліматом.

Однією з ключових проблем розсадництва фісташки є повільний початковий ріст сіянців та значна варіабельність їх морфологічних показників, що ускладнює отримання однорідного та життєздатного посадкового матеріалу. Відомо, що світловий режим істотно впливає на проростання насіння, фотоморфогенез і формування кореневої системи рослин, однак для *Pistacia vera* L. ці питання залишаються недостатньо вивченими.

Особливу практичну цінність мають дослідження комбінованих світлових режимів, які поєднують штучне та природне освітлення й дозволяють оптимізувати ріст сіянців без застосування хімічних регуляторів.

У зв'язку з цим *метою* даної роботи було визначення впливу різних режимів освітлення на проростання насіння та початковий ріст сіянців фісташки справжньої.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі *завдання*:

- проаналізувати літературні дані щодо біологічних особливостей фісташки та ролі світла у рості рослин;
- дослідити вплив різних спектральних режимів на схожість насіння;
- оцінити морфометричні показники сіянців за різних умов освітлення;

– визначити вплив світлового режиму на розвиток кореневої системи та накопичення біомаси;

– обґрунтувати оптимальні умови освітлення для отримання якісного посадкового матеріалу.

Об’єкт дослідження – процес проростання насіння та початкового росту сіянців *Pistacia vera* L.

Предмет дослідження – вплив режимів освітлення на морфофізіологічні показники сіянців.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів при розробці технологій вирощування сіянців фісташки в умовах України.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Ботанічна характеристика та походження *Pistacia vera* L.

Фісташка справжня (*Pistacia vera* L.) належить до родини Anacardiaceae та є однією з найцінніших горіхоплідних культур світового садівництва. Рід *Pistacia* включає близько 11–15 видів, поширених переважно в регіонах із сухим і напівсухим кліматом, проте лише *P. vera* має промислове значення як харчова культура [12]. Природний ареал фісташки охоплює території Середньої Азії, Ірану, Афганістану, Туреччини та регіонів Середземномор'я, де вона еволюціонувала в умовах високої інсоляції, дефіциту вологи та значних добових коливань температур [2].

Фісташка є листопадним дводомним деревом або великим кущем, який може досягати 7–10 м у висоту. Для культури характерний повільний ріст на початкових етапах онтогенезу, що компенсується значною довговічністю: окремі дерева можуть плодоносити понад 100 років [12]. Коренева система фісташки є потужною, глибокою і добре пристосованою до пошуку води в аридних умовах, що забезпечує високу посухостійкість дорослих рослин [17]. Водночас на ранніх етапах розвитку сіянці залишаються значно чутливішими до дефіциту вологи та несприятливих умов середовища.

Листки фісташки складні, перисті, з товстою шкірястою листковою пластинкою, що зменшує інтенсивність транспірації. Квітки дрібні, зібрані в складні суцвіття; запилення відбувається переважно вітром. Плоди — це кістянки, у яких формується їстівне насіння, відоме як фісташковий горіх (FAO, 2001).

З погляду інтродукції, *Pistacia vera* розглядається як перспективна культура для регіонів із теплим кліматом і тривалим вегетаційним періодом.

Проте її біологічні особливості, зокрема чутливість молодих рослин до стресових факторів середовища, зумовлюють необхідність ретельного вивчення умов вирощування на ранніх етапах розвитку [2]. Саме на цих етапах формується базова морфологічна структура рослини, що визначає її подальшу життєздатність, продуктивність і стійкість до несприятливих умов.

Екологічні вимоги фісташки до умов середовища

Фісташка належить до світлолюбних рослин, для яких характерна висока потреба в інсоляції протягом усього вегетаційного періоду. У природних умовах вона зростає на відкритих ділянках, схилах і кам'янистих ґрунтах, де практично відсутнє затінення іншими видами рослин [12]. Оптимальна інтенсивність світла є одним із ключових чинників, що визначають фотосинтетичну активність, ріст і формування генеративних органів.

Температурний режим відіграє важливу роль у розвитку культури. Фісташка потребує тривалого теплого періоду для формування врожаю, однак водночас має потребу в зимовому періоді спокою, необхідному для диференціації бруньок (FAO, 2001). Низькі температури нижче $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ можуть бути критичними для молодих рослин, особливо на стадії сіянців [2].

Ґрунтові умови для фісташки характеризуються високою варіабельністю. Рослина здатна зростати на бідних, кам'янистих і навіть слабкозасолених ґрунтах, однак для формування якісного садивного матеріалу необхідні добре дреновані субстрати з нейтральною або слабколужною реакцією (рН 6,5–8,0) [17]. Порушення аерації ґрунту негативно впливає на кореневу систему, обмежує поглинання води та мінеральних елементів і, як наслідок, знижує життєздатність сіянців.

Водний режим є одним із визначальних чинників росту. Хоча дорослі дерева добре переносять посуху, сіянці фісташки значно чутливіші до

дефіциту вологи [12]. Саме тому на початкових етапах розвитку надзвичайно важливим є контроль параметрів середовища, включно з освітленням, температурою та вологістю субстрату.

Насіння фісташки: морфологічні та фізіологічні особливості

Насіння фісташки характеризується складною структурою та фізіологічною неоднорідністю, що зумовлює значні варіації у швидкості й рівномірності проростання. Воно має щільну оболонку, яка механічно обмежує набухання та вихід зародкового корінця [4]. Крім того, для насіння багатьох видів роду *Pistacia* властиві різні форми спокою, що можуть мати як фізичну, так і фізіологічну природу.

Фізичний спокій пов'язаний із непроникністю оболонок для води і газів, тоді як фізіологічний обумовлений внутрішніми біохімічними обмеженнями зародка [4]. У фісташки ці два типи можуть поєднуватися, що ускладнює отримання дружних сходів без спеціальної передпосівної підготовки.

Дослідження показали, що скарифікація оболонки істотно підвищує відсоток проростання насіння фісташки [9]. Поєднання механічної або хімічної скарифікації з попереднім замочуванням і холодовою стратифікацією дозволяє не лише збільшити загальну схожість, але й синхронізувати появу сходів [21]. Крім того, тривалість замочування насіння може впливати на морфологічні показники сіянців, включно з висотою, товщиною стебла та розвитком кореневої системи [10].

Загальні закономірності проростання насіння

Проростання насіння є складним процесом, який включає серію фізіологічних, біохімічних і морфологічних змін, що починаються з моменту поглинання води (імбібіції) і завершуються появою проростка [5]. Цей процес умовно поділяють на три фази: швидке набухання, активізація метаболізму та ріст зародкового корінця.

Світло може виконувати роль сигнального фактора, який або стимулює, або пригнічує проростання залежно від виду рослини. За реакцією на світло насіння поділяють на позитивно фотобластичне, негативно фотобластичне та нейтральне [4]. Для більшості деревних культур, включно з фісташкою, характерна нейтральна або слабо виражена фотозалежність.

Проте навіть у таких випадках світло може впливати на швидкість проростання, синхронність появи сходів і морфологію проростків, що має особливе значення для розсадницького виробництва [14].

1.2 Світло як екологічний фактор у житті рослин

Світло є одним із найважливіших екологічних чинників, що визначає перебіг ростових і формоутворювальних процесів у рослинному організмі. Його значення не обмежується лише роллю джерела енергії для фотосинтезу, оскільки світло також виступає потужним регулятором розвитку, формуючи так звані фотоморфогенетичні реакції [6, 14]. Саме через світлові сигнали рослини здатні оцінювати умови середовища та адаптувати свою морфологію відповідно до наявних ресурсів.

Основними параметрами світла, які сприймаються рослинами, є інтенсивність, спектральний склад, напрямок і тривалість світлового періоду (фотоперіод). Кожен із цих параметрів може істотно впливати на морфологію, анатомію та фізіологію рослин. Наприклад, за низької інтенсивності освітлення рослини часто формують видовжені пагони, збільшену площу листків і тонші механічні тканини, що є типовими ознаками адаптації до умов затінення [14, 18].

Світло також визначає просторову орієнтацію органів рослин. Явище фототропізму, тобто росту у напрямку до джерела світла, є класичним прикладом регуляторної функції цього фактора. Завдяки фототропізму

рослини оптимізують положення фотосинтезуючих поверхонь відносно джерела випромінювання, що підвищує ефективність використання світлової енергії [6].

Для сіянців деревних культур, включно з фісташкою, світловий режим має вирішальне значення, оскільки саме на ранніх етапах розвитку формується базова морфологічна структура рослини. Недостатнє або надмірно спрямоване освітлення може призводити до формування слабких, видовжених пагонів, зниження міцності тканин і порушення балансу між надземною та підземною частинами, що негативно позначається на якості посадкового матеріалу.

Фоторецепторні системи рослин

Рослини сприймають світло не як суцільний потік енергії, а як набір сигналів різної довжини хвиль, які реєструються спеціалізованими фоторецепторами. Основними класами таких рецепторів є фітохроми, криптохроми та фототропіни [6].

Фітохроми є чутливими до червоного (≈ 660 нм) та далекочервоного (≈ 730 нм) світла. Вони відіграють ключову роль у регуляції проростання насіння, індукції цвітіння, видовження стебел і реакцій уникнення затінення [14, 7]. Фітохромна система функціонує як молекулярний перемикач, який змінює свою активну форму залежно від спектрального складу світла, що дозволяє рослині «зчитувати» інформацію про навколишнє середовище.

Криптохроми та фототропіни чутливі до синього і фіолетового світла. Вони беруть участь у регуляції відкриття продихів, фототропних реакцій, формування хлоропластів і синтезу фотосинтетичних пігментів [6]. Дія цих рецепторів часто асоціюється з формуванням компактного габітусу рослин, що є важливим для якості розсадного матеріалу.

Система фоторецепторів працює інтегровано, а сигнали від різних рецепторів взаємодіють між собою. Саме тому реакція рослин на біле світло,

яке містить широкий спектр довжин хвиль, є комплексною і часто відрізняється від реакцій на монохроматичне випромінювання.

Фотоморфогенез як форма адаптації до світлових умов

Фотоморфогенез — це сукупність морфологічних і фізіологічних змін, що відбуваються в рослинах під впливом світла незалежно від фотосинтезу [14]. До таких змін належать видовження або пригнічення росту пагонів, зміни форми листків, формування механічних тканин і перебудова кореневої системи.

Класичним прикладом фотоморфогенетичної реакції є синдром уникнення затінення (shade avoidance syndrome), який виникає за зниженого співвідношення червоного та далекочервоного світла (R:FR). У таких умовах рослини демонструють інтенсивне видовження стебел, зменшення товщини листків і зниження галуження [14, 18].

З екологічної точки зору такі зміни мають адаптивний характер, оскільки дозволяють рослинам «обігнати» сусідів і отримати доступ до більш інтенсивного освітлення. Проте в умовах розсадництва ці реакції часто є небажаними, оскільки призводять до формування слабких і механічно нестійких сіянців.

Для світлолюбних культур, таких як фісташка, надмірне стимулювання росту вгору без відповідного розвитку механічних тканин може негативно позначатися на якості посадкового матеріалу.

Значення спектрального складу світла

Різні ділянки спектра світла по-різному впливають на фізіологічні процеси рослин. Синє світло зазвичай сприяє формуванню компактних рослин, підвищенню вмісту хлорофілу, регуляції продихової провідності та активізації фотоморфогенетичних реакцій [13]. Червоне світло, навпаки, стимулює фотосинтетичну активність і часто асоціюється з видовженням пагонів.

Зелене світло тривалий час вважалося фізіологічно неактивним, однак сучасні дослідження довели, що воно виконує важливу сигнальну функцію, модифікуючи реакції на синє і червоне світло [13].

Біле світло, яке містить хвилі всіх ділянок видимого спектра, зазвичай забезпечує більш збалансований розвиток рослин. Саме тому в практиці розсадництва часто застосовують біле або тепло-біле освітлення як універсальний варіант.

Реакції сіянців на спектральні компоненти світла

Реакції сіянців на спектр світла залежать від виду, віку рослини та умов вирощування. У багатьох експериментах показано, що монохроматичне синє світло призводить до формування коротких, міцних пагонів із товстішими листками, тоді як червоне світло стимулює видовження і зменшення механічної міцності тканин [15].

Для деревних культур ці ефекти мають особливе значення, оскільки на ранніх етапах розвитку формується базова структура стебла і кореневої системи. Відповідно, вибір світлового режиму може визначати подальшу життєздатність рослини.

Застосування комбінованих спектрів дозволяє частково нівелювати крайні прояви реакцій і сформувати більш збалансовані рослини, що є важливим для промислового розсадництва.

1.3 Світлодіодні (LED) технології у сучасному рослинництві

Упродовж останніх двох десятиліть світлодіодні (LED) джерела світла стали одним із ключових інструментів у системах контрольованого рослинництва, включно з тепличним виробництвом, вертикальними фермами та розсадництвом. Основними перевагами LED-освітлення є висока енергоефективність, тривалий термін експлуатації, низьке

тепловиділення та можливість точного регулювання спектрального складу випромінювання [16, 3].

На відміну від традиційних джерел світла (люмінесцентних, натрієвих, металогалогенних ламп), LED-системи дозволяють формувати вузькі спектральні діапазони або їх цілеспрямовані комбінації. Це створює умови для керування не лише інтенсивністю фотосинтезу, але й морфогенезом рослин. Таким чином, світлодіоди перетворюються з простого джерела енергії на інструмент регуляції росту.

Узагальнюючі огляди свідчать, що спектральна якість світла може істотно змінювати архітектоніку рослин, швидкість росту, накопичення біомаси та співвідношення між органами [16, 3]. Проте ці ефекти значною мірою залежать від виду рослин, стадії розвитку та поєднання спектральних компонентів.

Вплив LED-освітлення на морфологію рослин

Однією з найбільш помітних реакцій рослин на спектральний склад світла є зміна морфології. У численних експериментальних роботах показано, що синє світло сприяє формуванню компактних рослин із коротшими міжвузлями, товстішими листками та підвищеною механічною міцністю тканин [13, 15].

Натомість червоне світло, особливо за відсутності синього компонента, часто стимулює видовження пагонів, зменшення товщини листової пластинки та зниження механічної стійкості рослин. Такі фенотипи є типовими для умов, що імітують затінення, і асоціюються з активізацією фітохромної системи [14, 7].

Для сіянців овочевих культур, зокрема огірка, доведено, що співвідношення синього і червоного світла визначає компроміс між швидкістю росту та компактністю рослин [15]. Подібні закономірності спостерігаються і в деревних культур, хоча вони досліджені значно меншою мірою.

У розсадництві надмірно видовжені сіянці вважаються небажаними, оскільки вони мають нижчу механічну стійкість, гірше переносять пересадку та демонструють підвищену смертність у перші тижні після висаджування у відкритий ґрунт.

LED-освітлення та фотосинтетична активність

Фотосинтез є базовим процесом, що визначає накопичення біомаси та загальну продуктивність рослин. Його ефективність значною мірою залежить від спектрального складу світла. Відомо, що хлорофіли найбільш активно поглинають випромінювання в синій ($\approx 430\text{--}460$ нм) і червоній ($\approx 640\text{--}680$ нм) ділянках спектра.

Завдяки можливості формувати цільові спектри LED-системи дозволяють підвищувати ефективність фотосинтезу, спрямовуючи енергію в найбільш активні ділянки спектра [16]. Проте надмірна оптимізація фотосинтетичної активності не завжди супроводжується покращенням морфологічної якості рослин.

У деяких випадках інтенсивний фотосинтез може стимулювати надмірний ріст пагонів, що супроводжується зниженням механічної міцності тканин. Тому в сучасних підходах до розсадництва наголос робиться не на максимізації швидкості росту, а на формуванні фізіологічно збалансованих рослин [3].

Вплив спектра світла на формування кореневої системи

Хоча світло не діє безпосередньо на кореневу систему, його спектральний склад істотно впливає на розвиток підземної частини через сигнальні зв'язки між надземними органами та коренями. Основними посередниками цього впливу є фітогормони, фотосинтетичні асиміляти та сигнальні молекули, які транспортуються по провідній системі рослин.

За умов інтенсивного червоного світла часто спостерігається домінування росту пагонів над розвитком коренів, що призводить до зменшення співвідношення root/shoot [14]. Навпаки, за наявності синього

компонента або збалансованих спектрів може формуватися відносно сильніша коренева система [15].

Для деревних культур, у яких приживлюваність після пересадки значною мірою залежить від стану кореневої системи, цей аспект є критично важливим. Сіянци з добре розвиненими коренями демонструють вищу стійкість до водного стресу та кращу адаптацію до нових умов середовища.

Співвідношення між надземною та підземною біомасою

Співвідношення між масою пагонів і коренів (root-to-shoot ratio) є інтегральним показником, що відображає адаптивний стан рослини. Високі значення цього показника свідчать про відносно сильний розвиток кореневої системи, тоді як низькі — про домінування надземної частини.

У розсадництві цей параметр використовується як критерій якості посадкового матеріалу. Рослини з надмірно розвиненими пагонами та слабкою кореневою системою мають нижчу приживлюваність і гірше витримують абіотичні стреси.

Спектральний склад світла здатний істотно змінювати цей баланс. Комбіновані спектри часто сприяють формуванню більш збалансованих рослин, що є важливим із практичної точки зору [16, 3].

LED-освітлення у вирощуванні деревних культур

Більшість досліджень із використанням LED-освітлення зосереджена на овочевих і декоративних культурах. Для деревних видів, зокрема плодових і горіхоплідних, дані залишаються фрагментарними. Це пов'язано з тривалим періодом онтогенезу та складністю довготривалих експериментів.

Проте наявні результати свідчать, що світловий режим може істотно впливати на архітектуру деревних рослин. Для *Pistacia vera* в умовах культури *in vitro* показано, що різні спектри LED здатні змінювати висоту рослин, товщину стебел, площу листків і загальний габітус [1].

Це підкреслює необхідність подальших досліджень впливу світлових режимів на сіянці фісташки в умовах *ex vitro*, де діють інші фізіологічні обмеження та фактори середовища.

Світло як регулятор проростання насіння

Проростання насіння є складним багатоступеневим процесом, який інтегрує сигнали від навколишнього середовища та внутрішні фізіологічні механізми. Світло у цьому контексті виконує не лише енергетичну, а й сигнальну функцію, активуючи або пригнічуючи певні програми розвитку [4, 14].

Для багатьох видів рослин світло є критичним тригером початку проростання. Залежно від реакції на освітлення, насіння поділяють на позитивно фотобластичне, негативно фотобластичне та нейтральне [4]. У деревних культур, зокрема у представників роду *Pistacia*, така залежність зазвичай виражена слабо або відсутня, однак світло здатне впливати на швидкість проростання та синхронність появи сходів.

Ці ефекти пояснюються функціонуванням фітохромної системи, яка реагує на співвідношення червоного і далекочервоного світла. Зміна цього співвідношення слугує для насіння сигналом про глибину залягання та ступінь затінення, що дозволяє «оцінити» доцільність проростання у конкретних умовах [7].

Молекулярні механізми світлової регуляції росту

Світлова регуляція росту здійснюється через складну мережу молекулярних сигнальних шляхів, які включають фоторецептори, транскрипційні фактори та гормональні каскади. Після поглинання фотону фоторецептор змінює свою просторову конфігурацію, що запускає серію внутрішньоклітинних реакцій і зрештою призводить до зміни експресії генів [6, 14].

Однією з ключових мішеней світлових сигналів є фітогормони, зокрема ауксини, гібереліни та цитокініни. Світло регулює як їх синтез, так

і транспорт у тканинах рослини. Наприклад, за умов затінення активується перерозподіл ауксину, що сприяє видовженню клітин стебла та формуванню характерного фенотипу «уникнення тіні» [18].

У сіянців деревних культур такі процеси можуть призводити до формування надмірно витягнутих пагонів із тонкими механічними тканинами. Це знижує механічну стійкість рослин і погіршує їхню адаптацію після пересадки у відкритий ґрунт.

Світло і гормональна регуляція росту

Гормональна система рослин є центральною ланкою у формуванні морфологічних реакцій на світло. Ауксини стимулюють подовження клітин, гібереліни активують ріст у довжину, тоді як цитокініни сприяють клітинному поділу та розвитку бічних бруньок.

Світло може змінювати співвідношення між цими гормонами, що визначає кінцевий фенотип рослини [14]. За умов низької інтенсивності освітлення спостерігається підвищення активності гіберелінів, що сприяє видовженню пагонів. Навпаки, синє світло часто асоціюється з пригніченням надмірного росту в довжину та формуванням компактних рослин [13].

Для сіянців фісташки ці процеси мають особливе значення, оскільки надмірне видовження пагонів може знижувати механічну стійкість і погіршувати приживлюваність.

Світло і стресостійкість проростків

Світлові умови можуть істотно впливати на здатність рослин переносити абіотичні стреси, зокрема посуху, високі температури та дефіцит поживних елементів. Це пов'язано з тим, що світло регулює синтез антиоксидантів, фенольних сполук і фотосинтетичних пігментів, які відіграють ключову роль у захисних реакціях [14].

Рослини, вирощені за оптимальних світлових умов, зазвичай мають більш розвинені механічні тканини, товстіші клітинні стінки та підвищену

стійкість до стресів. Навпаки, сіянці, що формувалися в умовах затінення або однобічного освітлення, часто є більш уразливими.

Для фісташки, яка в природних умовах зростає в регіонах із високими температурами та обмеженою кількістю опадів, стресостійкість на ранніх етапах розвитку є критично важливою для виживання.

Формування механічних тканин під впливом світла

Одним із малодосліджених аспектів впливу світла є його роль у формуванні механічних тканин — коленхіми та склеренхіми. Саме ці тканини забезпечують міцність стебла і здатність рослини протистояти механічним навантаженням.

За умов інтенсивного стимулювання росту в довжину, що часто спостерігається при дефіциті синього компонента спектра або недостатній інтенсивності освітлення, розвиток механічних тканин може відставати. У результаті формуються тонкі, ламкі пагони з низькою механічною міцністю [14].

У розсадництві деревних культур це є серйозним недоліком, оскільки такі сіянці гірше переносять транспортування та пересадку.

Біологічна «якість» сіянців як інтегральний показник

Поняття «якість сіянців» включає не лише їх розміри, але й функціональний стан тканин, співвідношення між органами, рівень розвитку кореневої системи та механічну міцність.

З агрономічної точки зору, якісний садивний матеріал повинен мати збалансований розвиток надземної і підземної частин, добре сформовану кореневу систему та достатній рівень дерев'янистості.

Світловий режим є одним із ключових чинників, що формують ці характеристики [16, 3].

Фісташка (*Pistacia vera* L.) як об'єкт світлових досліджень

Незважаючи на зростаючу економічну значущість культури фісташки, її фізіолого-біологічні особливості, особливо на ранніх етапах онтогенезу,

залишаються недостатньо вивченими. Більшість наукових робіт присвячені агротехнічним аспектам вирощування дорослих дерев, питанням живлення, зрошення, підбору підщеп і селекції сортів [12]. Натомість процеси проростання насіння та початкового росту сіянців, особливо під впливом різних світлових режимів, висвітлені фрагментарно.

З екологічної точки зору фісташка є типовим світлолюбним видом, що сформувався в умовах високої інсоляції, різких температурних коливань і дефіциту вологи [2]. Це зумовлює формування специфічних адаптивних стратегій, які реалізуються вже на ранніх етапах розвитку. Водночас у контрольованих умовах теплиць і фітоустановок ці природні сигнали можуть суттєво змінюватися, що впливає на морфогенез і життєздатність сіянців.

Перші дослідження впливу спектрального складу світла на рослини роду *Pistacia* проводилися переважно в культурі *in vitro*. Зокрема, Abdouli et al. (2023) показали, що різні LED-спектри здатні істотно змінювати морфологію мікророслин фісташки, впливаючи на довжину пагонів, площу листків і загальний габітус. Однак такі результати не можуть бути безпосередньо екстрапольовані на умови *ex vitro*, де діють додаткові обмеження, пов'язані з транспірацією, ґрунтовими факторами та фотосинтетичною активністю.

Світло як фактор адаптації сіянців

Адаптація сіянців до умов середовища є складним багатокомпонентним процесом, що включає морфологічні, анатомічні та фізіологічні зміни. Світло відіграє центральну роль у цьому процесі, визначаючи не лише швидкість росту, але й характер формування тканин і органів [14].

Сіянці, які формуються в умовах надмірної стимуляції росту в довжину, часто мають знижений рівень розвитку механічних тканин, тонші клітинні стінки та гіршу стійкість до механічних пошкоджень [18]. Такі

рослини є більш уразливими під час пересадки та демонструють вищу смертність.

Навпаки, збалансовані світлові режими сприяють формуванню компактних рослин із добре розвиненими механічними тканинами та потужною кореневою системою [16]. Саме такі морфотипи вважаються оптимальними для розсадництва деревних культур.

Прогалини в сучасних дослідженнях

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що більшість досліджень впливу світла зосереджена на овочевих і модельних рослинах, зокрема *Arabidopsis thaliana* [14, 7]. Дані щодо деревних культур є значно менш систематизованими, а для горіхоплідних культур, зокрема фісташки, практично відсутні комплексні дослідження.

Зокрема, недостатньо вивченими залишаються такі аспекти:

- вплив спектрального складу світла на проростання насіння фісташки;
- формування морфології сіянців у контрольованих умовах;
- розвиток кореневої системи залежно від світлового режиму;
- співвідношення між надземною та підземною частинами;
- інтегральні показники якості посадкового матеріалу.

Це створює суттєву наукову нішу для досліджень, спрямованих на комплексну оцінку впливу світлових режимів.

Методологічні підходи до оцінки світлового впливу

У сучасних експериментах вплив світла на рослини оцінюють за комплексом морфологічних, фізіологічних і біохімічних показників. До найбільш інформативних належать:

- відсоток і швидкість проростання;
- висота рослин;
- кількість і площа листків;
- товщина стебла;
- довжина і маса коренів;

- суха біомаса;
- співвідношення між органами;
- морфологічні індекси якості.

Такий підхід дозволяє оцінити не лише інтенсивність росту, але й його якість, що є критично важливим для деревних культур [3].

Практичне значення дослідження світлових режимів

Оптимізація світлових режимів у розсадництві має велике практичне значення. Вона дозволяє:

- скоротити період вирощування сіянців;
- підвищити однорідність партій посадкового матеріалу;
- зменшити втрати після пересадки;
- підвищити стресостійкість рослин;
- покращити економічну ефективність виробництва.

Для фісташки, яка характеризується повільним стартовим ростом, ці аспекти є особливо актуальними [12].

З урахуванням вищевикладеного стає очевидним, що питання впливу режиму освітлення на проростання насіння та початковий ріст сіянців *Pistacia vera* L. є недостатньо вивченим.

Більшість наявних робіт не враховують спектральний склад світла; не аналізують морфологічну якість сіянців; не розглядають комбіновані режими освітлення. Це обґрунтовує необхідність проведення цілеспрямованих експериментальних досліджень у цьому напрямі.

На основі аналізу літературних джерел можна сформулювати такі гіпотези:

1. Спектральний склад світла не визначає сам факт проростання насіння фісташки, але істотно впливає на швидкість проростання і морфологію сіянців [4, 14].
2. Суто штучні режими освітлення стимулюють інтенсивний ріст у висоту, але можуть погіршувати механічну якість тканин [18].

3. Комбіновані режими освітлення забезпечують більш збалансований розвиток сіянців і вищу адаптивність [16].

Узагальнюючи проаналізовані джерела, можна зробити такі висновки:

1. Світло є не лише джерелом енергії, а й потужним регулятором росту й розвитку рослин [14].
2. Спектральний склад світла визначає характер фотоморфогенетичних реакцій [7].
3. Для деревних культур якість сіянців має вирішальне значення для їх подальшої життєздатності [3].
4. Дані щодо *Pistacia vera* є фрагментарними, що обґрунтовує необхідність нових експериментальних досліджень.

Отже, дане дослідження спрямоване на заповнення наукової прогалини та розробку практичних рекомендацій для оптимізації умов вирощування сіянців фісташки.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Місце проведення та кліматична характеристика

Дослідження проводилися у Харківській області — регіоні помірно-континентального клімату, який характеризується холодними зимами та теплими літами (за класифікацією Кьоппена — Dfa/Dfb) (Climate-Data.org, 2024; Wikipedia, 2024). Середньорічна температура повітря становить близько 7,5–8,8 °С, зі значною річною амплітудою температур (мінімум узимку нижче –7 °С, максимум улітку понад +25 °С) (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Основні кліматичні характеристики Харківської області
(середньобагаторічні дані)

Показник	Значення
Середньорічна температура	7,5–8,8 °С
Зимова середня температура	≈ –7 °С
Літня середня температура	≈ +21–25 °С
Середньорічна кількість опадів	500– 610 мм
Тип клімату	помірно-континентальний, з теплим літом і холодною зимою

Середньорічна кількість опадів у регіоні становить приблизно 500–610 мм (Wikipedia, 2024), більша частина яких випадає в теплі місяці року, що зумовлює сезонні коливання в доступності вологи для рослинного покриву.

Такий клімат має вирішальне значення для агрономічних досліджень: тривала суха весна й літо сприяють активному росту рослин, тоді як холодні зимові місяці й рання весна знижують природну інсоляцію та тепловий

режим. Аналіз кліматичних діаграм Харківщини свідчить про значні сезонні коливання тривалості світлового дня, що також може впливати на початкові стадії росту сіянців у контрольованих умовах і в природному середовищі.

Вищевикладені кліматичні умови враховувалися під час інтерпретації результатів експерименту, особливо для варіантів із природним денним світлом.

2.2 Умови та методика проведення експерименту

Експеримент із визначення впливу режимів освітлення на проростання насіння та початковий ріст сіянців *Pistacia vera* L. проводили в умовах теплиці Харківської області. У межах тепличного середовища було організовано різні світлові режими, що включали суто штучне освітлення, комбіноване освітлення (поєднання штучного та природного денного світла) та природне денне освітлення. Такий підхід дозволив оцінити вплив спектрального складу та типу освітлення на морфологічні показники сіянців за відносно однакових мікрокліматичних умов.

Для вирощування використовували контейнери-тубуси (20 см у висоту, 8 см у діаметрі), заповнені ґрунтовим субстратом з рН 5,5–6,5, що відповідає оптимальному діапазону для проростання насіння деревних культур, включно з фісташкою [4].

Субстрат характеризувався пухкою структурою, доброю водо- та повітропроникністю, що забезпечувало сприятливі умови для проростання насіння і формування стрижневої кореневої системи. За механічним складом він належав до легких органо-мінеральних сумішей із переважанням дрібнодисперсної фракції.

До складу субстрату входили торф'яна основа, мінеральні компоненти та структуроутворювальні добавки, що забезпечували оптимальне співвідношення вологи й аерації. Вміст органічної речовини сприяв

утриманню вологи та поступовому вивільненню поживних елементів, тоді як мінеральна частина забезпечувала стабільність фізичних властивостей середовища.

Таблиця 2.2

Основні властивості ґрунтового субстрату, використаного для пророщування насіння *Pistacia vera* L.

Показник	Характеристика
Тип субстрату	Легкий органо-мінеральний
Реакція середовища (рН)	5,5–6,5
Структура	Пухка, дрібногрудкувата
Водопроникність	Висока
Повітропроникність	Висока
Вологомісткість	Помірна
Органічна речовина	Торф'яна основа
Мінеральні компоненти	Пісок, мінеральні добавки
Структуруючі домішки	Перліт / вермикуліт
Азот (N), мг/л	80–120
Фосфор (P ₂ O ₅), мг/л	50–90
Калій (K ₂ O), мг/л	100–180
Додаткове підживлення	Не застосовувалося протягом дослідів

Рівень основних елементів живлення відповідав типовому «стартовому заряду» торф'яних субстратів, призначених для вирощування сіянців, і забезпечував початкові потреби рослин упродовж 30-денного періоду без додаткового удобрення. Така концентрація азоту (80–120 мг/л),

фосфору (50–90 мг/л) і калію (100–180 мг/л) є достатньою для формування первинної листкової поверхні та кореневої системи, але не створює надлишкового живлення, що дозволило мінімізувати вплив фактору мінерального забезпечення та зосередити увагу на дії світлових режимів.

Завдяки поєднанню помірної вологоємності, високої аерації та оптимальної кислотності використаний субстрат забезпечував рівномірне проростання насіння та сприяв формуванню здорової кореневої системи, що є критично важливим для деревних культур на ранніх етапах розвитку.

Підготовка насіння

Насіння фісташки перед посівом було піддане стратифікації з метою підвищення схожості [5]. Напередодні висіву його замочували у воді кімнатної температури протягом 24 годин для активації метаболічних процесів проростання.

Після цього кожену насінину висаджували окремо в підготовлений субстрат у контейнері-тубусі.

Експеримент охоплював п'ять варіантів світлових режимів:

1. *Тепло-біле штучне освітлення;*
2. *Фіолетове штучне освітлення;*
3. *Комбінований режим (тепло-біле штучне + природне денне світло);*
4. *Комбінований режим (фіолетове штучне + природне денне світло);*
5. *Лише природне денне освітлення у теплиці.*

У кожному варіанті використовували по 15 насінин, що забезпечувало загальну кількість 75 дослідних одиниць. Така кількість дозволила оцінити вплив кожного світлового режиму на проростання, ріст і якість сіянців.

Умови штучного освітлення:

- джерела — світлодіодні лампи 50 Вт;
- тривалість світлового періоду — 12 год на добу;
- висота встановлення від верхівок рослин — 50–70 см.

Температурний режим у частині з штучним освітленням підтримувався на рівні близько 30 °С, тоді як у теплиці — 15–18 °С.

2.3 Моніторинг та обліки

Біометричні показники сіянців *Pistacia vera* L. визначали на 30-ту добу після висіву насіння. Оцінювали такі параметри: відсоток пророслого насіння, висоту рослин, розміри листків, довжину головного кореня, свіжу біомасу рослин та масу кореневої системи.

Відсоток пророслого насіння визначали шляхом підрахунку кількості рослин, що утворили сходи, відносно загальної кількості висіяних насінин у кожному варіанті, з подальшим переведенням результату у відсотки.

Висоту рослин вимірювали лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки пагона з точністю до 1 мм. Розміри листків (довжину та ширину) визначали на найбільш розвиненому листі кожної рослини за допомогою лінійки.

Додатково визначали кількість листків на одному саджанці та площу листової поверхні однієї рослини. Кількість листків визначали шляхом підрахунку повністю сформованих листків на кожному саджанці на 30-ту добу вирощування.

Площу листя на одному саджанці обчислювали як суму площ усіх листків рослини. Площу окремого листка визначали за вимірними значеннями довжини та ширини з використанням коефіцієнта форми листової пластинки ($S = L \times W \times 0,75$), після чого отримані значення підсумовували для кожної рослини.

Середні показники кількості листків і площі листя розраховували для кожного варіанта освітлення.

Після завершення вегетаційного періоду сіянці обережно вилучали з контейнерів, кореневу систему очищали від залишків субстрату проточною

водою та промокали фільтрувальним папером. Довжину головного кореня вимірювали лінійкою.

Свіжу біомасу рослин та масу кореневої системи визначали окремо з використанням електронних лабораторних ваг з точністю до 0,01 г. Отримані значення використовували для подальшого аналізу співвідношення між надземною та підземною частинами рослин.

Ці показники дозволяли кількісно оцінити вплив різних режимів освітлення на фізіологічний стан і якість сіянців [3].

Отримані дані були проаналізовані методом описової статистики з розрахунком середніх значень і стандартних відхилень для кожного варіанту досліду. Це дозволило встановити закономірності впливу спектрального складу та інтенсивності освітлення на проростання і початковий ріст сіянців.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Світло є не лише джерелом енергії для фотосинтезу, а й потужним регулятором морфогенезу рослин. Спектральний склад випромінювання сприймається фоторецепторними системами (фітохроми, криптохроми, фототропіни), які контролюють проростання насіння, видовження пагонів, формування листкової поверхні та розвиток кореневої системи [6, 14].

Відомо, що домінування червоної складової спектра стимулює ріст у довжину, тоді як синьо-фіолетова частина сприяє формуванню компактніших рослин із міцнішими тканинами [13, 15]. Для деревних культур вирішальне значення має не максимальна швидкість росту, а збалансований розвиток надземної та підземної частин, що визначає якість посадкового матеріалу [3].

З огляду на це в даному дослідженні оцінювали комплекс морфометричних показників сіянців *Pistacia vera* L. за різних режимів освітлення.

3.1 Схожість насіння фісташки за різних умов освітлення

У ході дослідження встановлено, що режим освітлення не мав суттєвого впливу на кінцевий відсоток схожості насіння фісташки (*Pistacia vera* L.). У всіх п'яти варіантах дослідження схожість становила близько 80 % (табл.3.1), що свідчить про відсутність прямої залежності між спектром світла та фактом проростання насіння.

Таблиця 3.1

Показники проростання насіння фісташки залежно від варіанту освітлення

Варіант (освітлення)	Схожість, %	Період проростання, діб			T50, доба
		початок	кінець	середня тривалість періоду	
1. Тепло-біле (штучне)	80.0	10	13	10.75	11
2. Фіолетове (штучне)	80.0	10	12	11.17	11
3. Комбіноване (тепло-біле + природне)	80.0	10	12	10.92	11
4. Комбіноване (фіолетове + природне)	80.0	11	14	11.83	12
5. Природне (теплиця)	80.0	10	14	12.67	13

Аналіз даних таблиці 3.1 свідчить, що кінцева схожість насіння *Pistacia vera* L. була однаковою в усіх п'яти варіантах і становила 80 %, що вказує на відсутність прямого впливу спектрального складу освітлення на сам факт проростання. Водночас між варіантами виявлено помітні відмінності у швидкості появи сходів та тривалості періоду проростання.

Найкоротші середні строки проростання (MGT = 10,75–10,92 доби; T50 = 11 діб) зафіксовано у варіантах із тепло-білим штучним освітленням та комбінованим режимом (тепло-біле + природне). Фіолетове штучне світло характеризувалося дещо більшим значенням MGT (11,17 доби), що свідчить про незначне уповільнення процесу проростання порівняно з тепло-білим спектром.

Найбільш тривалий період проростання спостерігався за умов природного освітлення у теплиці (MGT = 12,67 доби; T50 = 13 діб), а також

у комбінованому варіанті з фіолетовим світлом (MGT = 11,83 доби; T50 = 12 діб). Це вказує на те, що відсутність стабільного штучного світлового режиму та нижчі температури у теплиці уповільнювали ранні фази онтогенезу.

Таким чином, хоча всі режими забезпечили однакову кінцеву схожість, штучне та комбіноване освітлення сприяли більш синхронній і швидкій появі сходів, тоді як природне освітлення характеризувалося більш розтягнутим у часі проростанням. Отримані результати узгоджуються з даними літератури, де зазначається, що для багатьох деревних культур світло не є визначальним фактором для початку проростання, однак воно може впливати на швидкість проходження початкових етапів органогенезу.

3.2 Вплив режиму освітлення на лінійний ріст сіянців

На 30-ту добу після висіву було зафіксовано істотні відмінності у висоті рослин залежно від варіанту освітлення (табл.3.2).

Таблиця 3.2

Висота саджанців фісташки на 30-ту добу після проростання

Варіант	Висота, см
1. Тепло-біле (штучне)	30.62 ± 0.86
2. Фіолетове (штучне)	28.83 ± 0.80
3. Комбіноване (тепло-біле + природне)	24.51 ± 0.57
4. Комбіноване (фіолетове + природне)	22.48 ± 0.40
5. Природне (теплиця)	16.71 ± 0.57

Порівняльний аналіз висоти сіянців на 30-ту добу вирощування показав чітку диференціацію між варіантами освітлення. Максимальні значення висоти рослин (~30 см) були характерні для варіантів із суто

штучним освітленням, що свідчить про стимулювальний вплив контрольованого світлового режиму на видовження пагонів.

У комбінованих варіантах ріст був помірнішим: при поєднанні тепло-білого світла з природним середня висота становила близько 23–25 см, тоді як при використанні фіолетового світла разом із природним — 21–23 см. Це вказує на часткову компенсацію ефекту інтенсивного штучного освітлення за рахунок природної інсоляції.

Найменші показники висоти (15–18 см) зафіксовано у варіанті з природним освітленням у теплиці. Ймовірною причиною цього є нижча температура та мінлива інтенсивність світла, що обмежували темпи росту.

Отже, штучне освітлення забезпечувало найінтенсивніший лінійний ріст, однак комбіновані режими формували більш помірний габітус рослин, що є важливим з погляду якості сіянців. Інтенсивний ріст у висоту під штучним світлом можна пояснити активацією фітохромної системи та ефектами *shade-avoidance*, що описані Franklin (2008) і Pierik & de Wit (2014). Разом із тим такий ріст супроводжувався меншою товщиною стебла та нижчим рівнем дерев'янистості. Отже, штучне освітлення стимулювало видовження пагонів, однак не забезпечувало оптимального формування механічних тканин.

3.3 Формування листкового апарату та кореневої системи

Розміри листків також істотно залежали від умов освітлення. У варіантах із тепло-білим світлом листки були більшими за площею, мали насичене зелене забарвлення та добре розвинену листкову пластинку (табл.3.3). За фіолетового освітлення листки були дещо меншими, але щільнішими, з більш компактною формою. У комбінованих варіантах спостерігався баланс між площею листків і їх механічною міцністю. У

варіанти з природним освітленням листки формувалися повільніше, проте відзначалися більшою товщиною і стійкістю.

Таблиця 3.3

Площа листової поверхні та довжина кореню саджанців фісташки на 30-ту добу після проростання

Варіант	Довжина листка, см	Ширина листка, см	Площа листка, см ²	Кількість листоків, шт./саджанець	Площа листя одного саджанця, см ²
1. Тепло-біле (штучне)	7.47 ± 0.14	3.79 ± 0.15	28.33 ± 1.26	6,4 ± 0,3	181,3 ± 8,6
2. Фіолетове (штучне)	6.60 ± 0.12	3.22 ± 0.16	21.11 ± 0.87	7,1 ± 0,4	149,9 ± 7,2
3. Комбіноване (тепло-біле + природне)	7.17 ± 0.13	3.81 ± 0.11	27.35 ± 0.91	8,3 ± 0,5	227,0 ± 9,4
4. Комбіноване (фіолетове + природне)	6.88 ± 0.14	3.44 ± 0.15	23.73 ± 1.21	8,0 ± 0,4	189,8 ± 8,1
5. Природне (теплиця)	6.39 ± 0.11	3.31 ± 0.19	21.27 ± 1.52	7,5 ± 0,3	159,5 ± 7,9

Найбільшу площу листової поверхні сформували рослини у варіанті з тепло-білим штучним освітленням — $28,33 \pm 1,26$ см², що на 34,2 % більше, ніж у варіанті з фіолетовим світлом ($21,11 \pm 0,87$ см²), і на 33,2 % більше, ніж за природного освітлення ($21,27 \pm 1,52$ см²). Комбінований режим із

тепло-білим світлом забезпечив близькі до максимальних значення ($27,35 \pm 0,91 \text{ см}^2$), поступаючи суто штучному лише на 3,5 %.

За фіолетового штучного освітлення площа листків була найменшою серед штучних варіантів, що свідчить про більш компактний тип росту. Комбінований фіолетовий режим демонстрував проміжні значення ($23,73 \pm 1,21 \text{ см}^2$), перевищуючи суто фіолетове освітлення на 12,4 %, але поступаючи тепло-білому комбінованому варіанту на 13,2 %.

Як видно з даних таблиці 3.3, найбільшу кількість листків формували сіянці у комбінованих варіантах освітлення (8,0–8,3 шт./саджанець), що на 16–30 % перевищувало показники суто штучного тепло-білого режиму (6,4 шт./саджанець).

Максимальна сумарна площа листя одного саджанця зафіксована у варіанті тепло-біле + природне — $227,0 \text{ см}^2$, що на 25,2 % більше порівняно з тепло-білим штучним освітленням та на 42,5 % більше, ніж за природного освітлення.

Суто фіолетове освітлення характеризувалося меншою площею листя ($149,9 \text{ см}^2$), однак збільшеною кількістю листків, що свідчить про формування компактнішого типу листкового апарату. Таким чином, комбіновані режими забезпечували оптимальне поєднання кількості листків і площі листкової поверхні, створюючи передумови для ефективнішого фотосинтезу та збалансованого росту сіянців.

Ці особливості свідчать про те, що спектральний склад світла впливає не лише на швидкість росту, а й на морфологічні характеристики рослин.

Подібні закономірності описані Hernández & Kubota (2016), які показали, що комбінування спектрів сприяє формуванню ефективнішої асиміляційної поверхні порівняно з монохроматичним освітленням.

Аналіз кореневої системи показав, що найінтенсивніше вона формувалася у комбінованих і природних умовах. У цих варіантах корені були товстіші, з більшою кількістю бічних відгалужень (табл.3.4).

Таблиця 3.4

Довжина кореню саджанців фісташки на 30-ту добу після проростання

Варіант	Довжина кореня, см
1. Тепло-біле (штучне)	17.90 ± 0.40
2. Фіолетове (штучне)	17.01 ± 0.56
3. Комбіноване (тепло-біле + природне)	20.65 ± 0.56
4. Комбіноване (фіолетове + природне)	20.99 ± 0.62
5. Природне (теплиця)	23.03 ± 0.54

Максимальні значення зафіксовано у варіанті з природним освітленням — 23,03 ± 0,54 см, що на 28,7 % більше, ніж у тепло-білому штучному варіанті (17,90 ± 0,40 см), і на 35,4 % більше, ніж у фіолетовому штучному (17,01 ± 0,56 см).

Комбіновані режими сприяли суттєвому розвитку коренів: при тепло-білому комбінуванні довжина кореня становила 20,65 ± 0,56 см, а при фіолетовому — 20,99 ± 0,62 см, що відповідно на 15,4 % і 17,3 % перевищувало показники суто тепло-білого освітлення.

Таким чином, штучне тепло-біле світло максимізувало площу листового апарату, тоді як комбіновані та природний режими забезпечували значно кращий розвиток кореневої системи. Це свідчить про різну спрямованість морфогенезу: за штучного освітлення переважав розвиток надземної частини, тоді як за участі природного світла — підземної.

Натомість у рослин, які вирощувалися виключно під штучним освітленням, коренева система була менш розгалуженою, хоча й достатньо довгою. Це може бути наслідком того, що надмірне стимулювання росту надземної частини призводило до дисбалансу між коренем і пагоном.

3.4 Накопичення біомаси та стан стовбура

Під штучним освітленням рослини формували більшу надземну масу, однак їх стовбури залишалися недерев'янистими, м'якими та менш стійкими. Дані таблиці 3.5 демонструють чіткі відмінності між варіантами щодо накопичення біомаси та товщини стебла.

Таблиця 3.5

Накопичення біомаси та стан стовбура саджанців фісташки на 30-ту добу після проростання

Варіант	Діаметр стебла, мм	Суха маса пагона, г	Суха маса кореня, г
1. Тепло-біле (штучне)	2.19 ± 0.12	1.66 ± 0.05	0.73 ± 0.05
2. Фіолетове (штучне)	2.11 ± 0.09	1.58 ± 0.05	0.80 ± 0.03
3. Комбіноване (тепло-біле + природне)	2.52 ± 0.06	1.46 ± 0.06	0.86 ± 0.03
4. Комбіноване (фіолетове + природне)	2.72 ± 0.07	1.33 ± 0.04	0.87 ± 0.04
5. Природне (теплиця)	2.77 ± 0.02	1.06 ± 0.05	0.95 ± 0.05

Найбільшу суху масу пагонів сформували рослини під тепло-білим штучним освітленням — $1,66 \pm 0,05$ г, що на 56,6 % більше, ніж у варіанті з природним освітленням ($1,06 \pm 0,05$ г). Фіолетове штучне світло забезпечило близьке значення ($1,58 \pm 0,05$ г), поступаючись тепло-білому лише на 4,8 %.

Водночас комбіновані режими характеризувалися зменшенням сухої маси пагонів: при тепло-білому комбінуванні вона становила $1,46 \pm 0,06$ г, а при фіолетовому — $1,33 \pm 0,04$ г, що відповідно на 12,0 % і 19,9 % менше порівняно з тепло-білим штучним варіантом.

Протилежна картина спостерігалася щодо сухої маси кореневої системи. Максимальні значення зафіксовано у природному варіанті — 0,95

$\pm 0,05$ г, що на 30,1 % більше, ніж у тепло-білому штучному ($0,73 \pm 0,05$ г), і на 18,8 % більше, ніж у фіолетовому штучному ($0,80 \pm 0,03$ г).

Комбіновані режими займали проміжне положення: $0,86 \pm 0,03$ г (тепло-біле + природне) та $0,87 \pm 0,04$ г (фіолетове + природне), що перевищувало показники суто тепло-білого освітлення на 17,8–19,2 %.

Особливо показовими є дані щодо діаметра стебла. Найтовстіші стебла сформувалися за природного освітлення ($2,77 \pm 0,02$ мм) та комбінованого фіолетового режиму ($2,72 \pm 0,07$ мм), тоді як у тепло-білому штучному варіанті цей показник був мінімальним ($2,19 \pm 0,12$ мм), що на 26,4 % менше, ніж у природному.

Отже, суто штучне освітлення забезпечувало максимальне накопичення надземної біомаси, але супроводжувалося зменшенням розвитку кореневої системи та товщини стебла. Натомість комбіновані та природний режими сприяли формуванню більш масивних коренів і товстіших стовбурів, що вказує на фізіологічно зріліший і потенційно стійкіший тип сіянців. Vantis et al. (2018) відзначають аналогічну тенденцію: суто LED-освітлення часто стимулює біомасу пагонів, але комбіновані режими забезпечують більш фізіологічно стійкий тип розвитку.

Таким чином, інтенсивний ріст у висоту не завжди є позитивною ознакою, оскільки може супроводжуватися зниженням механічної міцності тканин.

3.5 Обговорення результатів

Отримані експериментальні дані свідчать, що режим освітлення істотно впливає на морфологічні та фізіологічні характеристики сіянців *Pistacia vera* L. уже на ранніх етапах онтогенезу, хоча кінцева схожість насіння залишається відносно стабільною за різних світлових умов.

Відсутність суттєвих відмінностей у відсотку проростання між варіантами узгоджується з літературними даними, згідно з якими насіння багатьох деревних культур не є строго фотозалежним, а світло переважно модифікує швидкість і синхронність проростання [4, 5]. Водночас прискорення появи сходів під штучним освітленням може бути пов'язане з підвищеною температурою та стабільністю умов, що активізує метаболічні процеси в насінні.

Інтенсивний ріст сіянців у висоту за умов тепло-білого та фіолетового штучного освітлення відповідає відомим механізмам фотоморфогенезу, зокрема реакціям типу *shade avoidance*, які описані Franklin (2008) та Pietik i de Wit (2014). Домінування певних спектральних компонентів стимулює видовження пагонів, однак такий ріст часто супроводжується зниженням механічної міцності тканин і слабшим розвитком кореневої системи.

У даному дослідженні це проявилось у формуванні високих, але менш дерев'янистих рослин за умов суто штучного освітлення. Низький рівень дерев'янистості та зменшена маса коренів у цих варіантах свідчать про незбалансований розподіл асимілянтів між надземною та підземною частинами.

Натомість комбіновані режими (поєднання штучного і природного світла) забезпечували більш гармонійний розвиток сіянців. У цих варіантах спостерігалось оптимальне співвідношення між висотою пагонів, розвитком листового апарату та кореневої системи, а також підвищення показника *root/shoot*. Подібні ефекти описані Olle i Viršile (2013), які наголошують на перевагах комбінованого освітлення для формування якісного посадкового матеріалу.

Особливо показовими є результати щодо накопичення біомаси та ступеня дерев'янистості. Хоча за штучного освітлення фіксувалося швидше наростання надземної маси, саме природне та комбіноване світло сприяло визріванню тканин і формуванню більш стійкого морфотипу рослин. Це

узгоджується з висновками Bantis et al. (2018), які зазначають, що комбіновані світлові режими часто забезпечують не максимальний, а оптимальний тип росту.

Отже, отримані результати підтверджують доцільність використання комбінованих режимів освітлення у розсадництві фісташки. Такий підхід дозволяє поєднати переваги контрольованого штучного світла з адаптаційними механізмами, які активуються під дією природної інсоляції, що є особливо важливим для деревних культур.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правова база з охорони праці в галузі

Організація безпечних умов праці під час проведення досліджень із вирощування сіянців *Pistacia vera* L. у тепличних умовах здійснюється відповідно до чинного законодавства України у сфері охорони праці, виробничої санітарії та цивільного захисту.

Основним нормативним актом є Закон України «Про охорону праці» (1992), який визначає основні принципи державної політики у сфері безпеки праці, права та обов'язки роботодавців і працівників, а також механізми державного нагляду та контролю. Відповідно до ст. 13 цього Закону роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці умови праці відповідно до нормативно-правових актів та забезпечити додержання вимог безпеки технологічних процесів і обладнання (Закон України «Про охорону праці», 1992).

Трудові відносини регламентуються Кодексом законів про працю України (КЗпП України, 1971), зокрема статтями 153–173, які визначають вимоги щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці.

Оскільки дослідження виконувалися у тепличних умовах із використанням електрообладнання (LED-лампи потужністю 50 Вт), важливими є вимоги Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98). Дані правила регламентують вимоги до заземлення, ізоляції, технічного огляду та допуску персоналу до роботи з електроустановками.

Санітарно-гігієнічні умови праці визначаються відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Згідно з цими нормами оптимальна температура повітря для

легкої фізичної праці становить 18–22 °С у холодний період року та 20–25 °С у теплий [32]. У ході дослідження температура в зоні штучного освітлення досягала 30 °С, що вимагає регулювання режиму перебування працівників.

Норми освітленості регламентуються ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Для тепличних приміщень мінімальна освітленість робочої зони повинна становити не менше 300 лк (Мінрегіон України, 2018).

Пожежна безпека регламентується Законом України «Про пожежну безпеку» (1993) та Правилами пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014). Використання електричних світильників у теплиці потребує наявності первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники порошкові ВП-5) та проведення інструктажів.

У частині цивільного захисту застосовується Закон України «Про правові засади цивільного захисту» (2012), який визначає порядок реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру.

Таким чином, нормативно-правова база охорони праці при вирощуванні сіянців фісташки охоплює трудове, санітарне, електротехнічне та пожежне законодавство і створює комплексну систему управління безпекою.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання досліджень з вирощування сіянців *Pistacia vera* L. у тепличних умовах працівники зазнають впливу комплексу фізичних, хімічних та організаційних чинників, які відповідно до ДСТУ та НПАОП класифікуються як небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Відповідно до ст. 1 Закону України «Про охорону праці» (1992), небезпечним виробничим фактором вважається такий, дія якого за певних умов може призвести до травми або різкого погіршення здоров'я, тоді як шкідливий

фактор може спричинити професійне захворювання або зниження працездатності.

Оскільки дослідження проводилися у теплиці із застосуванням штучного освітлення та електрообладнання, було проаналізовано три робочі місця:

1. Робоче місце оператора електроосвітлення (обслуговування LED-ламп).
2. Робоче місце працівника з підготовки субстрату та висіву насіння.
3. Робоче місце працівника з догляду за рослинами (полив, біометричні вимірювання).

4.2.1 Фізичні фактори виробничого середовища

Мікроклімат

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, оптимальні параметри мікроклімату для легкої фізичної праці становлять: температура 18–25 °С, відносна вологість 40–60 %, швидкість руху повітря 0,1–0,3 м/с [32].

У тепличних умовах температура повітря коливалася в межах 15–18 °С при природному освітленні та підвищувалася до 28–30 °С у зоні роботи LED-ламп. Підвищення температури понад 26 °С може викликати теплове перевантаження, зниження концентрації уваги та підвищення ризику помилок у роботі (ДСН 3.3.6.042-99). Відносна вологість у теплиці становила 60–80 %, що перевищує оптимальні значення та може сприяти розвитку мікрофлори.

Таким чином, у зоні штучного освітлення наявний шкідливий виробничий фактор — підвищена температура повітря.

Освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, мінімальна освітленість робочих місць для виконання робіт середньої точності повинна становити не менше 300 лк (Мінрегіон України, 2018).

У теплиці використовувалися світлодіодні лампи тепло-білого та фіолетового спектра потужністю 50 Вт. Хоча світлодіодне освітлення характеризується низьким тепловиділенням, тривале перебування під інтенсивним світловим потоком може спричиняти втомлюваність зору. За ДСанПіН 3.3.2-007-98, необхідно забезпечити відсутність осліплюючого ефекту та мерехтіння.

Електробезпека

Відповідно до НПАОП 40.1-1.21-98, електроустановки повинні бути заземлені, а персонал допускати до роботи лише після проходження інструктажу [26]. Потенційна небезпека ураження електричним струмом виникає:

- при пошкодженні ізоляції проводів;
- при контакті з корпусами світильників;
- у випадку підвищеної вологості.

Підвищена вологість тепличного повітря збільшує електропровідність поверхонь, що підвищує ризик ураження струмом.

4.2.2 Хімічні та біологічні фактори

Пил субстрату

При підготовці торф'яного субстрату можливе утворення органічного пилу. Відповідно до Гігієнічної класифікації праці (МОЗ України, 2014), пил органічного походження може викликати подразнення слизових оболонок та алергічні реакції.

Гранично допустима концентрація пилу рослинного походження становить 4 мг/м³ (МОЗ України, 2014). За умови локального короткочасного

впливу концентрації не перевищували нормативів, однак використання респіратора є обов'язковим профілактичним заходом.

Вода та мікробіологічний фактор

Полив рослин створює умови для розвитку мікроорганізмів. Підвищена вологість може сприяти розмноженню грибкових культур, що потенційно небезпечно для осіб із алергічними захворюваннями.

4.2.3 Механічні та організаційні фактори

- Можливість травмування при переміщенні контейнерів.
- Небезпека падіння при роботі на висоті (під час регулювання ламп).
- Порушення ергономіки при тривалому нахилі під час біометричних вимірювань.

Відповідно до ДСТУ EN 1005-4:2014, тривала статична поза може спричинити перевантаження опорно-рухового апарату.

4.2.4 Карта умов праці

Фактор	Джерело	Норматив	Фактичний стан	Оцінка
Температура	LED-лампи	≤ 25 °C	до 30 °C	відхилення
Вологість	Теплиця	40–60 %	60–80 %	допустиме
Освітленість	світильники	≥ 300 лк	відповідає	норма
Пил	Субстрат	≤ 4 мг/м ³	локально	контроль
Електрострум	обладнання	заземлення	забезпечено	норма

Таким чином, основними шкідливими чинниками є підвищена температура повітря в зоні штучного освітлення та можливість ураження електричним струмом. Інші фактори мають контрольований характер за умови дотримання вимог нормативних актів.

4.3 Заходи щодо оптимізації умов праці

На основі проведеного аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів розроблено комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на приведення умов праці у відповідність до вимог чинного законодавства України.

Відповідно до ст. 13 Закону України «Про охорону праці» (1992), роботодавець зобов'язаний забезпечити функціонування системи управління охороною праці та створити безпечні умови праці відповідно до нормативно-правових актів. Реалізація цих вимог у тепличному господарстві передбачає комплексний підхід до оптимізації виробничого середовища.

4.3.1 Організаційно-правові заходи

До організаційних заходів належать:

- проведення вступного, первинного, повторного та позапланового інструктажів з охорони праці відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05);

- призначення відповідальної особи за електробезпеку згідно з НПАОП 40.1-1.21-98 [26];

- ведення журналу обліку інструктажів;

- проведення періодичних медичних оглядів відповідно до Наказу МОЗ України №246 (2007).

Згідно з КЗпП України (1971), працівники віком до 18 років не допускаються до робіт, пов'язаних із підвищеною небезпекою, у тому числі з електрообладнанням.

4.3.2 Нормалізація мікроклімату

Оскільки в зоні штучного освітлення температура повітря досягала 28–30 °С, необхідно забезпечити:

- вентиляцію теплиці шляхом провітрювання або використання витяжних систем;
- регламентовані перерви під час роботи у зоні підвищеної температури;
- чергування видів діяльності.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, перевищення температури понад допустимі значення потребує скорочення тривалості безперервного перебування працівника у зоні теплового впливу [32].

4.3.3 Електробезпека

Для забезпечення електробезпеки передбачено:

- обов'язкове заземлення світильників;
- використання автоматичних вимикачів захисного відключення (УЗО);
- періодичну перевірку стану ізоляції;
- заборону виконання робіт із мокрими руками;
- розміщення кабелів поза зоною зрошення.

Згідно з Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98), обслуговування електрообладнання має здійснюватися особами, що мають відповідну групу допуску.

4.3.4 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до НПАОП 0.00-3.07-09 «Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших ЗІЗ», працівники тепличних господарств забезпечуються засобами індивідуального захисту залежно від характеру виконуваних робіт.

До основних засобів захисту належать:

- халат або комбінезон бавовняний;
- рукавиці комбіновані;
- окуляри захисні;
- респіратор фільтрувальний;
- діелектричні рукавиці (для електрика).

4.3.5 Розрахунок потреби в засобах індивідуального захисту

Розрахунок здійснено для тепличного господарства, у якому працюють:

- 2 працівники теплиці;
- 1 електрик.

Таблиця 5.2

Кількість необхідного спецодягу та інших ЗІЗ

Професія	Засіб захисту	Термін використання (міс.)	Кількість
Працівник теплиці (2 особи)	Халат бавовняний	12	2
	Рукавиці комбіновані	до зносу	4
	Окуляри захисні	6	2
	Респіратор	черговий	2
Електрик (1 особа)	Костюм захисний	12	1
	Діелектричні рукавиці	12	1
	Індикатор напруги	черговий	1

Забезпечення працівників ЗІЗ відповідає вимогам НПАОП 0.00-3.07-09.

4.3.6 Режим праці та відпочинку

Згідно зі ст. 66 КЗпП України (1971), тривалість робочого часу не повинна перевищувати 40 годин на тиждень. При роботі у тепличних умовах із підвищеною температурою рекомендовано встановлювати додаткові перерви тривалістю 10–15 хв кожні 2 години.

4.3.7 Пожежна безпека

Відповідно до НАПБ А.01.001-2014, у приміщеннях із електрообладнанням повинні бути встановлені вогнегасники порошкові ВП-5. Вогнегасники розміщуються у доступних місцях, проходи до них не повинні захащуватися.

Працівники проходять інструктаж із пожежної безпеки, а також ознайомлюються з планом евакуації.

4.3.8 Основні вимоги безпеки під час виконання робіт

Перед початком роботи:

- перевірити справність обладнання;
- переконатися у відсутності оголених проводів;
- одягнути засоби індивідуального захисту.

Під час роботи:

- не торкатися електрообладнання вологими руками;
- не перевищувати допустиме навантаження електромережі;
- не залишати увімкнені лампи без нагляду.

У разі аварійної ситуації:

- негайно вимкнути електроживлення;
- повідомити відповідальну особу;
- викликати аварійні служби.

Таким чином, запропоновані заходи забезпечують приведення умов праці до нормативних вимог та мінімізують вплив шкідливих виробничих факторів.

4.4 Заходи з цивільного захисту при надзвичайних ситуаціях

Організація цивільного захисту у тепличному господарстві, де проводилися дослідження з вирощування сіянців *Pistacia vera* L., здійснюється відповідно до Кодексу цивільного захисту України (2012). Згідно зі ст. 20 цього Кодексу, суб'єкти господарювання зобов'язані забезпечувати виконання заходів цивільного захисту, зокрема запобігання виникненню надзвичайних ситуацій (НС) та ліквідацію їх наслідків.

4.4.1 Визначення найбільш ймовірної надзвичайної ситуації

З урахуванням специфіки технологічного процесу (використання електрообладнання, тепличних конструкцій, систем поливу) найбільш ймовірними надзвичайними ситуаціями є:

- пожежа внаслідок короткого замикання електромережі;
- руйнування тепличної конструкції внаслідок сильного вітру або снігового навантаження;
- аварійне відключення електропостачання;
- локальне підтоплення теплиці через порушення роботи системи зрошення.

За характером дії зазначені НС належать до техногенних та природних [31].

4.4.2 Масштаби можливих наслідків

Зважаючи на локалізований характер виробничого об'єкта (теплиця), найбільш ймовірний рівень надзвичайної ситуації — об'єктовий або місцевий.

У разі пожежі можливі такі наслідки:

- пошкодження електрообладнання;
- руйнування частини тепличної конструкції;
- загибель рослинного матеріалу;
- ризик травмування працівників.

У разі руйнування конструкції теплиці:

- механічні травми;
- порушення технологічного процесу;
- матеріальні збитки.

4.4.3 Прогнозування вражаючих факторів

Пожежа

Вражаючими факторами пожежі є:

- підвищена температура;
- токсичні продукти горіння;
- задимлення;
- зниження концентрації кисню (Закон України «Про пожежну безпеку», 1993).

За методиками прогнозування пожежної небезпеки, основним джерелом займання може бути коротке замикання або перегрів електропроводки.

Руйнування конструкцій

У разі сильного вітру або снігопаду можливе пошкодження покриття теплиці. Вражаючими факторами є:

- уламки конструкцій;

- механічні травми;
- різке зниження температури всередині приміщення.

4.4.4 Оцінка обстановки у разі НС

Оцінка обстановки проводиться шляхом порівняння розрахункових параметрів (температура горіння, площа задимлення, швидкість поширення полум'я) з допустимими нормативами.

У разі локальної пожежі площею до 5 м² її можливо ліквідувати первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками ВП-5). Якщо площа перевищує 10 м² — необхідна евакуація персоналу та виклик пожежно-рятувальної служби (НАПБ А.01.001-2014).

4.4.5 Заходи цивільного захисту

На підставі аналізу ризиків розроблено такі заходи:

1. Розробка плану евакуації персоналу з позначенням евакуаційних виходів.
2. Наявність не менше двох порошкових вогнегасників ВП-5.
3. Регулярна перевірка електропроводки та стану автоматичних вимикачів.
4. Проведення навчань з евакуації не рідше одного разу на рік.
5. Наявність аптечки першої допомоги.
6. Забезпечення доступу до засобів зв'язку для оперативного інформування ДСНС.

4.4.6 Робота добровільної пожежної дружини

У господарстві створюється добровільна пожежна дружина (ДПД), яка:

- здійснює контроль за станом пожежного інвентарю;
- проводить первинні заходи гасіння;

– організовує евакуацію персоналу.

Наявність і технічний стан вогнегасників перевіряється відповідальною особою не рідше одного разу на 6 місяців.

Проведений аналіз показав, що основними ризиками у тепличному господарстві є підвищена температура повітря, вплив електричного струму та пожежна небезпека. Запропоновані організаційні та технічні заходи дозволяють мінімізувати виробничі ризики та забезпечити відповідність умов праці вимогам чинного законодавства України.

Реалізація системи управління охороною праці та цивільного захисту сприяє створенню безпечного виробничого середовища при вирощуванні сіянців *Pistacia vera* L. в умовах теплиці.

4.4.7 Пожежна безпека

Основними причинами пожеж можуть бути:

- Несправність електрообладнання;
- Іскри від техніки;
- Порушення правил зберігання ПММ.

Заходи пожежної безпеки:

- Оснащення вогнегасниками;
- Пожежні щити;
- Інструктаж персоналу;
- Заборона паління у виробничих зонах.

4.5 Охорона навколишнього середовища

Технологія вирощування культур передбачає дотримання екологічних вимог:

- Нормоване внесення добрив;
- Дотримання регламентів застосування ЗЗР;

— Утилізація тари;

— Запобігання забрудненню ґрунтів і вод.

Впровадження екологічно безпечних технологій сприяє збереженню родючості ґрунтів та мінімізації негативного впливу на довкілля.

ВИСНОВКИ

1. Установлено, що режим освітлення не має визначального впливу на кінцеву схожість насіння *Pistacia vera* L., яка у всіх варіантах становила близько 80 %, проте істотно впливає на швидкість проростання та інтенсивність початкового росту сіянців.

2. Суто штучне освітлення (тепло-біле та фіолетове) забезпечувало максимальний лінійний ріст рослин (до 28,8–30,6 см), однак супроводжувалося зниженим рівнем дерев'янистості та слабшим розвитком кореневої системи, що свідчить про формування менш стійкого морфотипу.

3. Комбіновані режими освітлення (поєднання штучного та природного світла) сприяли найбільш збалансованому розвитку сіянців, що проявлялося у помірній висоті пагонів (21–25 см), збільшенні довжини головного кореня (20,6–21,0 см) та підвищенні маси кореневої системи (0,86–0,87 г).

4. За умов природного денного освітлення формувалися рослини з найвищим рівнем дерев'янистості та найбільшою довжиною кореня (до 23,0 см), однак загальні темпи росту надземної частини були нижчими порівняно зі штучними та комбінованими варіантами.

5. Встановлено, що кількість листків і сумарна площа листя одного саджанця суттєво залежали від режиму освітлення. Найбільшу кількість листків формували сіянці у комбінованих варіантах (8,0–8,3 шт./саджанець), що на 16–30 % перевищувало показники суто штучного тепло-білого режиму. Максимальна площа листя одного саджанця зафіксована у варіанті тепло-біле + природне (227,0 см²), що на 25,2 % більше порівняно з тепло-білим штучним та на 42,5 % більше, ніж за природного освітлення.

6. Суто фіолетове освітлення характеризувалося формуванням більшої кількості, але меншої площі листків, що свідчить про компактніший тип листкового апарату та інший напрям морфогенезу.

7. Найбільш перспективним для вирощування сіянців фісташки в умовах Харківської області є застосування комбінованих світлових режимів, які забезпечують оптимальне поєднання росту пагонів, розвитку кореневої системи, формування листкового апарату та накопичення біомаси, що підвищує якість посадкового матеріалу.

8. Отримані результати мають практичне значення для розсадництва *Pistacia vera* L. і можуть бути використані при розробці технологій вирощування сіянців у контрольованих умовах теплиць із використанням світлодіодного освітлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Abdouli H., Ben Khaled A., Bchir A., Trabelsi N. Effects of LED light spectra on in vitro growth and morphogenesis of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2023. Vol. 153, No 2. P. 321–334. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-023-02489-6>
2. Akbari M., Ghorbani A., Ramezani M. Ecophysiological responses of pistachio (*Pistacia vera* L.) to arid and semi-arid environments. *Agricultural Water Management*. 2024. Vol. 287. 108457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108457>
3. Bantis F., Smirnakou S., Ouzounis T., Koukounaras A., Ntagkas N., Radoglou K. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs). *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 235. P. 437–451. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.058>
4. Baskin C.C., Baskin J.M. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2nd ed. London: Academic Press, 2014. 1600 p.
5. Bewley J.D., Bradford K.J., Hilhorst H.W.M., Nonogaki H. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392 p.
6. Briggs W.R., Olney M.A. Photoreceptors in plant photomorphogenesis to date. *Plant Physiology*. 2001. Vol. 125, No 1. P. 85–88. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.125.1.85>
7. Casal J.J. Shade avoidance. *The Arabidopsis Book*. 2012. Vol. 10. e0157. DOI: <https://doi.org/10.1199/tab.0157>
8. Climate data for Kharkiv Oblast. *Climate-Data.org*. 2024. URL: <https://en.climate-data.org/europe/ukraine/kharkiv-oblast-638/>

9. Crane J.C., Forde H.I. Effects of seed treatments on germination of pistachio. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1974. Vol. 99, No 5. P. 452–454
10. Esmaeilpour B., Van Damme P. Seed germination ecology of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Forest Systems*. 2016. Vol. 25, No 3. eSC08. DOI: <https://doi.org/10.5424/fs/2016253-09638>
11. FAO. Pistachio production in the Near East region. FAO Plant Production and Protection Paper. Rome, 2001
12. Ferguson L., Polito V.S., Kallsen C. The pistachio tree: Physiology and botany. In: *Pistachio production manual*. Oakland: University of California, Agriculture and Natural Resources, 2005. P. 31–39
13. Folta K.M., Maruhnich S.A. Green light: A signal to slow down or stop. *Journal of Experimental Botany*. 2007. Vol. 58, No 12. P. 3099–3111. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erm130>
14. Franklin K.A. Shade avoidance. *New Phytologist*. 2008. Vol. 179, No 4. P. 930–944. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02507.x>
15. Hernández R., Kubota C. Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios. *Scientia Horticulturae*. 2016. Vol. 198. P. 297–307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.010>
16. Olle M., Viršile A. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and Food Science*. 2013. Vol. 22, No 2. P. 223–234. DOI: <https://doi.org/10.23986/afsci.7897>
17. Picchioni G.A., Miyamoto S. Salt effects on growth and ion uptake of pistachio seedlings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1990. Vol. 115, No 4. P. 647–653
18. Pierik R., de Wit M. Shade avoidance: Phytochrome signalling and other aboveground neighbour detection cues. *Journal of Experimental Botany*. 2014. Vol. 65, No 11. P. 2815–2824. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ert389>

19. Wikipedia. Climate of Kharkiv. 2024. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Клімат_Харкова
20. Wikipedia. Kharkiv Oblast. 2024. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Харківська_область
21. Yasar F., Acar S. Effects of different pre-treatments on pistachio seed germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2019. Vol. 47, No 2. P. 509–515. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha47211420>
22. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища. Київ, 2014
23. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2018
24. Держгірпромнагляд України. НПАОП 0.00-3.07-09. Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту. Київ, 2009
25. Держгірпромнагляд України. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Київ, 2005. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>
26. Держнагляд охорони праці України. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ, 1998. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98>
27. Державна служба України з питань праці. Методичні рекомендації щодо організації системи управління охороною праці на підприємстві. Київ, 2019
28. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ, 1999
29. ДСТУ EN 1005-4:2014. Безпечність машин. Фізичні навантаження людини. Київ, 2014
30. Кодекс законів про працю України: Закон України від 10 грудня 1971 р. № 322-VIII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>

31. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 р. № 5403-VI / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
32. Міністерство внутрішніх справ України. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Київ, 2014
33. Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій: наказ МОЗ України від 21 травня 2007 р. № 246. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07>
34. Про охорону праці: Закон України від 14 жовтня 1992 р. № 2694-XII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
35. Про пожежну безпеку: Закон України від 17 грудня 1993 р. № 3745-XII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12>