

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ПОГОДЖЕНО

**Директор ІНІ Лісового та садово-
паркового господарства**

_____ **Роман ВАСИЛИШИН**

(підпис)

« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри відтворення
лісів та лісових меліорацій**

_____ **Андрій ПІНЧУК**

(підпис)

« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ПОСІВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ
ЛІСОВОГО НАСІННЯ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ»**

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Освітня програма Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

кандидат с.-г. наук, доцент

_____ **Олександр БАЛА**

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат с.-г. наук, доцент

_____ **Андрій ПІНЧУК**

Виконав

_____ **Андрій ШАХ**

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Навчально-науковий інститут лісового
і садово-паркового господарства**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
відтворення лісів та лісових меліорацій

к.с.-г.н., доц. _____ Андрій ПІНЧУК
«» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи здобувачу

Шаху Андрію Володимировичу

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Освітня програма Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Підвищення посівних показників якості лісового насіння різними способами» затверджена наказом ректора НУБіП України від «20» листопада 2024 р. № 2074 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 14.11.2025 р.

Вихідні дані до випускної магістерської роботи: обсяги виконаних робіт, використання стимуляторів для вирощування садивного матеріалу, загальна характеристика розсадника та лабораторії, загальні результати дослідження.

Перелік питань, які потрібно розробити: Розділ 1. Шляхи покращення виробництва садивного матеріалу. Розділ 2. Програма робіт та методика досліджень. Розділ 3. Характеристика об'єктів досліджень. Розділ 4. Підвищення посівних показників якості лісового насіння різними способами

Дата видачі завдання «17» жовтня 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ **Андрій ПІНЧУК**

Завдання прийняв до виконання _____ Андрій ШАХ

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота студента ННІ ЛіСПГ спеціальність «Лісове господарство» Шаха Андрія Володимировича на тему: «Підвищення посівних показників якості лісового насіння різними способами».

Магістерська робота включає в себе вступ та чотири розділи.

У першому розділі «Шляхи покращення виробництва садивного матеріалу» розглянуто сучасні наукові підходи до вирощування сіянців, проаналізовано вплив різних типів добрив і біостимуляторів на розвиток сосни звичайної, узагальнено досвід використання органічних, мінеральних і біологічних препаратів у лісовому господарстві України та Європи.

У другому розділі магістерської роботи наведено програму робіт, подано схему експерименту, описано методику визначення схожості та енергії проростання насіння, зазначено умови проведення дослідів й основні параметри, що оцінювались у ході пророщування.

У третьому розділі магістерської роботи наведено характеристику навчально-дослідного розсадника та лабораторії лісового насінництва кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України, охарактеризовано природно-кліматичні умови, обладнання та базу проведення експерименту.

У четвертому розділі наведено результати лабораторних досліджень впливу різних препаратів на схожість насіння сосни звичайної. Визначено оптимальні концентрації та тривалість експозиції препаратів, що забезпечують підвищення енергії проростання та схожості насіння.

Випускна магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків та пропозицій. Розміщена робота на 61 сторінках, включає 7 таблиць та 22 рисунків. Список використаної літератури становить 50 джерела.

Ключові слова: насіння, препарати, підживлення, ріст, розвиток, виробництво садивного матеріалу.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ.....	7
1.1. Напрями покращення вирощування сіянців	7
1.2. Особливості застосування біологічно активних речовин та препаратів для вирощування сіянців.....	11
РОЗДІЛ 2 ПРОГРАМА РОБІТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	19
2.1. Програма робіт	19
2.2. Методика досліджень	20
2.3. Обсяг виконаних робіт	25
РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
3.1. Характеристика навчально-дослідного розсаднику кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій	26
3.2. Характеристика навчально-наукової лабораторії кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України	30
РОЗДІЛ 4 ПІДВИЩЕННЯ ПОСІВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЛІСОВОГО НАСІННЯ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ.....	35
4.1. Вплив препаратів на посівні якості насіння сосни звичайної	35
4.2. Залежність показників проростків за різної дії досліджуваних препаратів.....	44
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Сучасний стан лісового господарства України характеризується активним пошуком ефективних шляхів підвищення продуктивності та якості лісових насаджень, особливо в умовах зростаючого антропогенного навантаження та екологічних викликів. Одним із ключових напрямів цього процесу є вдосконалення технологій вирощування садивного матеріалу, що передбачає використання різноманітних регуляторів росту, біостимуляторів та бактеріальних препаратів для підвищення схожості насіння та розвитку сіянців.

Останніми роками особливу увагу приділяють дослідженню передпосівної обробки насіння деревних порід, зокрема сосни звичайної – однієї з найважливіших лісоутворювальних порід України. Підготовка насіння до висіву має вирішальне значення для отримання якісного садивного матеріалу, адже саме на цьому етапі закладаються основи майбутнього росту та стійкості рослин.

Актуальність теми У сучасному лісовому господарстві вирощування сіянців є фундаментальним процесом, який безпосередньо впливає на якість та продуктивність майбутніх деревних насаджень.

Передпосівна обробка насіння є одним із найважливіших етапів технологічного процесу вирощування садивного матеріалу, оскільки саме на цьому етапі формується потенціал проростання, життєздатності та енергії росту майбутніх рослин. Використання фізіологічно активних речовин, стимуляторів росту та бактеріальних препаратів дозволяє значно підвищити енергію проростання, скоротити строки появи сходів і забезпечити формування рівномірних, міцних сіянців. Це, у свою чергу, дає можливість лісівникам підвищити ефективність виробництва садивного матеріалу та знизити ризики втрат під час вирощування.

Крім того, застосування різних технологій передпосівної обробки насіння допомагає визначити найефективніші впливи препаратів, які можна

адаптувати до виробничих умов лісових підприємств. Використання різних препаратів дозволяє виявити, які з них є більш дієвими для масового використання – тобто для промислового вирощування сіянців, що потребує економічної доцільності, стабільності результатів та мінімальних витрат. Результати цих досліджень з концентраціями та часом експозиції можуть бути використані для отримання більш цінного садивного матеріалу, призначеного для заліснення територій зі складними екологічними умовами – наприклад, деградованих ґрунтів, ділянок після пожеж або військових дій, де природне поновлення є малоімовірним.

Сучасне ведення лісокультурної справи неможливе без постійного вдосконалення технологічних процесів і проведення експериментальних досліджень. Кожен дослід із стимуляторів росту чи біопрепаратів спрямований на пошук оптимальних рішень, які б забезпечили найвищу якість садивного матеріалу при мінімальних затратах.

Таким чином, актуальність даної теми зумовлена необхідністю пошуку ефективних методів передпосівної обробки насіння для забезпечення високих показників схожості та життєздатності сіянців.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи – вивченні впливу різних препаратів на посівні якості насіння сосни звичайної та визначенні найбільш ефективних умов обробки для підвищення енергії проростання і схожості.

Об'єкт досліджень – препарати та насіння сосни звичайної.

Предмет досліджень – вивчення впливу препаратів на енергію проростання та лабораторну схожість насіння сосни звичайної.

РОЗДІЛ 1

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ

1.1. Напрями покращення вирощування сіянців

Технологія вирощування сіянців включає в себе комплекс агротехнічних прийомів та операцій які забезпечують вирощування високоякісного садивного матеріалу. Якість вирощеного садивного матеріалу безпосередньо залежить від комплексу агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин. Основними прийомами є обробіток ґрунту, застосування добрив, використання систем поливу та передпосівний обробіток насіння.

Система обробітку ґрунту включає основний і передпосівний обробіток, використання сівозмін, а також застосування системи гербіцидів для ефективного знищення бур'янів. Раціональне внесення мінеральних і органічних добрив сприяє поліпшенню живлення рослин, підвищує їх стійкість до несприятливих умов середовища та забезпечує формування якісного садивного матеріалу.

Зрошення є одним із найважливіших агротехнічних заходів при вирощуванні сіянців сосни звичайної, особливо в регіонах із нестійким та недостатнім зволоженням. Оптимальний водний режим ґрунту є вирішальним чинником нормального розвитку молодих рослин, оскільки саме від рівня вологості залежать процеси проростання насіння, інтенсивність росту кореневої системи, обмін речовин і фотосинтетична активність. Навіть короткочасна нестача вологи на початкових етапах може призвести до нерівномірних сходів, ослаблення росту сіянців, зниження їхньої стійкості до несприятливих умов і відповідно, до зменшення виходу стандартного садивного матеріалу.

Сосна звичайна належить до порід помірно вибагливих до вологи, однак її насіння та молоді сходи мають підвищену чутливість до пересихання

верхнього шару ґрунту. Тому зрошення є необхідним заходом для підтримання стабільної вологості у посівних відділеннях розсадників, особливо на супіщаних і легкосуглинкових ґрунтах, які характеризуються низькою вологоємністю.

Найпоширенішим і найефективнішим способом поливу у вирощуванні сосни звичайної є дощування. Цей метод забезпечує рівномірне зволоження поверхневого шару ґрунту, сприяє покращенню мікроклімату над посівами, не руйнує структуру ґрунту та не вимиває насіння. Крім того, системи дощування дають змогу поєднувати полив із внесенням розчинених мінеральних добрив, що підвищує ефективність живлення і стимулює рівномірний ріст сіянців. У розсадниках із важкими ґрунтами може застосовуватись полив у борозни, проте цей спосіб має певні недоліки: він знижує ефективність використання площі, спричиняє втрати води, а при надлишковому зволоженні можливе заболочування або засолення ґрунтів. Тому його використовують лише за умов ретельного контролю водного режиму.

Для підвищення ефективності поливу сосни звичайної доцільно вдосконалювати систему зрошення шляхом оптимізації норм і строків подачі води. Поливи повинні проводитися з урахуванням фенологічних фаз розвитку сіянців, вологості ґрунту та погодних умов. Застосування простих польових методів контролю вологості або спеціальних вологомірів дозволяє своєчасно визначати необхідність поливу, запобігати пересушуванню і перезволоженню ґрунту. Раціональний водний режим підтримує активне дихання коренів, нормальну мікробіологічну активність ґрунту та рівномірний ріст сіянців.

Серед сучасних напрямів удосконалення зрошення особливу увагу приділяють впровадженню систем краплинного та мікродощувального поливу. Такі технології забезпечують рівномірне розподілення вологи без утворення поверхневої кірки, значно зменшують втрати води через випаровування, а також дозволяють поєднувати полив із внесенням розчинених поживних речовин. Завдяки м'якому зволоженню поверхні ґрунту

краплинні системи не змивають дрібне насіння, що є важливим при вирощуванні сосни, і створюють оптимальні умови для формування глибокої, розгалуженої кореневої системи [6].

Передпосівна підготовка насіння сосни звичайної є важливим етапом технології вирощування сіянців, оскільки сприяє прискоренню проростання, підвищенню схожості та забезпечує рівномірні й дружні сходи. Насіння сосни перебуває у стані вимушеного спокою, тому перед висівом воно повинне пройти спеціальну підготовку. Найчастіше застосовують метод намочування у воді, під час якого насіння поміщають у марлеві торбинки і заливають водою температурою 18–20 °C на 12–24 години. Ця процедура сприяє розм'якшенню насінневої оболонки, насиченню вологою внутрішніх тканин і пробудженню зародка. Після намочування насіння підсушують до сипучого стану та висівають у ґрунт.

Додатково насіння сосни може оброблятися стимуляторами росту, наприклад при передпосівній обробці насіння сосни звичайної водним розчином Емістиму спостерігалось суттєве покращення основних ростових показників. Оптимальною концентрацією препарату у розчині є 3 мг·л⁻¹, при якій ефективно підвищується схожість насіння, збільшується енергія проростання, а сходи з'являються на 2–3 дні раніше, ніж у контролі [8].

В Україні традиційно застосовують сухе та мокре протруювання насіння. При сухому протруюванні використовують хімічні фунгіциди контактної або системної дії (гранозан, ТМТД, фентіурам), які рівномірно наносяться на поверхню насіння. Мокре протруювання здійснюється за допомогою розчинів фунгіцидів або окисників, зокрема 0,5 % розчину марганцевокислого калію чи 0,15 % розчину формаліну. Ці методи забезпечують ефективне знищення патогенної мікрофлори, проте їхнє використання потребує суворого дотримання норм безпеки, оскільки хімічні препарати можуть мати токсичний вплив на довкілля та персонал [10].

Щоб підвищити ефективність передпосівної обробки, доцільно застосовувати комплексні методи покращення, які поєднують кілька підходів. Наприклад, після короткочасного намочування насіння можна провести обробку стимуляторами росту або мікроелементами (бор, цинк, мідь), що забезпечить додаткове живлення зародка. Також важливо використовувати чисту воду, дотримуватися температурного режиму і запобігати пересушуванню насіння після обробки.

Точковий посів є сучасним і високоефективним способом висіву насіння, який забезпечує рівномірне розміщення насінин у субстраті з дотриманням оптимальної глибини та відстані. При цьому кожна насінина потрапляє у власну лунку, що сприяє рівномірному росту сіянців і зменшує конкуренцію між ними за вологу та поживні речовини.

Процес точкового посіву здійснюється за допомогою спеціалізованого обладнання. Касети, наповнені торф'яним субстратом, подаються до лункоутворювача, який формує отвори в кожній комірці. Далі насіння з бункера надходить на площину, звідки під дією вакууму через трубки подачі переміщується безпосередньо в лунки. Завдяки цьому механізму забезпечується висівання по одній насініні в кожену комірку, що значно підвищує якість посівного матеріалу та економить насіння.

Для покращення ефективності точкового посіву необхідно регулярно перевіряти технічний стан модуля висіву, особливо вакуумну систему та дозуючі отвори, щоб уникнути випадків висівання кількох насінин у одну лунку. Важливим також є дотримання чистоти насіння та рівномірності його калібрування -це забезпечує стабільну роботу обладнання.

Застосування точкового посіву дозволяє підвищити схожість, забезпечити однаковий розвиток сіянців, зменшити витрати насіння та створити передумови для отримання якісного садивного матеріалу.

Внесення мінеральних добрив є одним із найважливіших елементів технології вирощування сіянців сосни звичайної, оскільки забезпечує їхній

інтенсивний ріст і розвиток у початкові періоди онтогенезу. Одним із найбільш ефективних сучасних добрив для розсадників є «Осмокот» (Osmocote) – комплексне, пролонгованої дії добриво, що поступово вивільняє поживні речовини протягом усього періоду вегетації.

«Осмокот» містить основні макроелементи (азот, фосфор, калій) та необхідні мікроелементи (бор, мідь, цинк, марганець, молібден, залізо) у збалансованій формі. Його гранули вкриті спеціальною полімерною оболонкою, через яку поживні речовини надходять у субстрат рівномірно й залежно від температури та вологості. Така властивість забезпечує стабільне живлення сіянців, запобігає вимиванню елементів і знижує ризик засолення ґрунту [11].

Для підвищення ефективності дії добрива доцільно поєднувати його з біостимуляторами або мікоризними препаратами, які покращують засвоєння поживних речовин коренями. Важливо також дотримуватись норм зрошення, адже надлишкова або недостатня вологість може вплинути на швидкість вивільнення елементів із гранул.

1.2. Особливості застосування біологічно активних речовин та препаратів для вирощування сіянців

До особливостей застосування біологічно активних речовин і препаратів у процесі вирощування сіянців належать такі чинники, як біологічні властивості деревних порід, фази їхнього росту, ґрунтово-кліматичні умови, склад і форма препаратів, а також спосіб їх внесення. Важливо враховувати також тип вирощування садивного матеріалу – із закритою або відкритою кореневою системою, адже від цього залежить спосіб дії препаратів та ефективність їх засвоєння.

Застосування біологічно активних речовин у лісовому господарстві спрямоване на стимулювання ростових процесів, підвищення енергії

проростання насіння, покращення формування кореневої системи та підвищення стійкості сіянців до стресових умов. До таких препаратів належать природні або синтетичні регулятори росту (ауксини, гібереліни, цитокініни), а також біопрепарати на основі мікроорганізмів (*Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis*, *Azotobacter* spp. тощо), які покращують мікробіологічну активність ґрунту, сприяють фіксації азоту та фосфору.

Цілеспрямоване використання біологічно активних препаратів дає змогу зменшити хімічне навантаження на довкілля, підвищити екологічну безпечність технологій вирощування й водночас покращити якість садивного матеріалу. Біостимулятори та мікробіологічні препарати сприяють утворенню міцної кореневої системи, накопиченню біомаси та підвищенню приживлюваності сіянців у польових умовах.

О.М. Нагорнюком, С.І. Матковською, Б.В. Матвійчуком, О.В. Іщук та М.М. Світельським була досліджена екологічна оцінка та вплив регуляторів росту рослин на ріст сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах закритого ґрунту.

У цьому дослідженні були використані наступні речовини:

- гумати калію;
- Епін (виробник Агріфлекс);
- Альга-600.

Результати досліджень порівнювали з контролем, де насіння намочували на 24 години у воді, а сіянці росли без обробки стимуляторами.

Під час експериментів у теплицях, які включали передвисівне намочування насіння та обприскування сходів, аналізували біометричні показники сіянців (висоту, діаметр кореневої шийки, масу коріння) та вміст а- і В-хлорофілів у хвої.

Експерименти показали, що найбільший стимулювальний ефект досягається за використання гуматів калію у концентрації 5 мг/дм³: висота сіянців перевершувала контроль на 15 %, а діаметр – на 21-36 %. Епін у

концентрації 5 мг/дм³ також показав ефективність, перевищуючи контроль за висотою на 14 % та діаметром на 15 %.

Застосування гуматів калію та Епіну сприяє підвищенню вмісту а- і В-хлорофілів у хвої; зокрема, у сіянців, оброблених гуматами калію, цей показник сягав 70,4 мг/100 г. Це дозволяє прогнозувати, що ці сіянці будуть продуктивніші.

Обробка насіння перед сівбою та обприскування сіянців водними розчинами гуматів калію та Епіну позитивно впливає на розвиток сіянців, зокрема на їх біометричні показники.

Використання різних стимуляторів показало не однаковий результат: у розчинах Альга-600 істотної різниці між обробленим матеріалом та контролем не виявлено [3, 7, 12].

Дослідниками включаючи Томашук О.П., Голуб В.О. та Голуб С.М. було досліджено вплив регуляторів росту на посівну якість насіння та біометричні показники сіянців сосни звичайної в умовах Полісся Волинської області.

У цьому дослідженні були використані наступні речовини:

- Емістим;
- Агростимулін.

Результати досліджень порівнювали з контрольними показниками, де сіянці вирощувались без обробки РРР.

Під час польових експериментів аналізували схожість насіння, вихід стандартних сіянців, а також біометричні показники (висота надземної частини, діаметр стовбура) та біомасу сіянців.

Експерименти показали, що передпосівна обробка насіння водними розчинами Емістиму та Агростимуліну прискорювала схожість на 3–4 дні та підвищувала вихід стандартних сіянців на 8–11 %.

Біометричні показники дослідних сіянців значно перевищували контрольні: висота надземної частини була більшою на 13–47 %, а діаметр стовбура – на 17–86 %.

Застосування цих препаратів сприяло суттєвому нарощуванню біомаси сіянців, яка була більшою у 1,5–2,5 рази порівняно з контролем.

Обробка насіння перед сівбою водними розчинами цих препаратів позитивно впливає на вихід, якість і біометричні показники садивного матеріалу [2, 4, 9].

Експеримент, проведений Айгуль Мухаметшиною, Ренатом Гафіятовим, Людмилою Пухачевою, Шамілем Шайхразієвим та Алмазом Ахметовим досліджував вплив різних добривних продуктів на енергію проростання та схожість насіння сосни звичайної та ялини звичайної.

У цьому дослідженні були використані наступні речовини:

- Humate+7
- Гумат калію "Суфлер" (Potassium humate "Sufler")
- Біогумус (Biohumus)
- Агростимул ВЕ (Agrostimul VE)
- Емістим-Р (Emistim-R)
- Гібереллін (Gibberellin)
- Етамон (Etamon)

Результати досліджень порівнювали з контрольним варіантом, де насіння не оброблялося.

Під час лабораторних експериментів насіння сосни та ялини замочували у розчинах препаратів протягом 24 годин. Дослідники аналізували енергію проростання, схожість насіння, а також лінійні параметри проростків, включаючи довжину коренів та надземної частини.

Експерименти показали, що замочування насіння призводить до збільшення енергії проростання в середньому на 31–37,0 % для сосни та на 5–13,0 % для ялини. Схожість насіння сосни та ялини зросла в середньому на 16,0 % та 17,0 % відповідно.

Застосування стимуляторів суттєво вплинуло на розвиток кореневої системи. Найкращі результати схожості у сосни показали препарати

«Емістим-Р» (100 %), «Humate+7» (99 %) та «Agrostimul VE» (99 %) , а у ялини – «Гумат калію» та «Гіберелін» (74–80 %). Інтенсивний ріст коренів ялини відзначено при використанні «Гібереліну» (4,4 см) та «Humate+7» (5 см).

Передпосівна обробка позитивно збільшує довжину проростків.

Використання препарату «Етамон» виявилось найменш ефективним. У випадку з ялиною, схожість насіння у цьому варіанті була на 10 % нижчою за контроль , що свідчить про пригнічення насіння [34, 36, 42, 43, 45, 48].

Дослідники К. Наврот-Хорабик, М. Осменда, К. Словінський, Д. Латовський, С. Табор та С. Вудворд дослідили вплив різних методів передпосівної обробки, зокрема стратифікації, скарифікації та застосування фітогормонів, на проростання гранульованого насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) [46, 50]. У дослідженні було поставлено за мету визначити ефективні способи подолання насіннєвого спокою та стимулювання проростання, що має ключове значення для підвищення якості садивного матеріалу.

Результати показали, що комбінація стратифікації/скарифікації та обробки регуляторами росту, такими як гіберелінова кислота (GA_3), індолоцтова кислота (IAA) і 1-нафталіноцтова кислота (NAA), є найбільш ефективним методом для стимулювання проростання гранульованого насіння сосни звичайної [46, 50]. Особливо високі результати було зафіксовано при використанні GA_3 , яка забезпечила до 93 % схожості насіння, що на 33 % перевищувало ефективність NAA та на 58 % – IAA. Це свідчить про те, що гіберелінова кислота має найвищу фізіологічну активність серед досліджених препаратів [13, 40].

Крім того, важливу роль відігравав тип субстрату та освітлення. Найкраще насіння проростало у ґрунтовому субстраті з кислотністю рН 5,0 під дією білого світлодіодного освітлення, що забезпечувало оптимальний фотоперіод для фотосинтезу та розвитку проростків [20, 24, 37]. Біле світло

виявилось ефективнішим, ніж червоно–синій спектр, оскільки забезпечувало повний спектр довжин хвиль, необхідних для фотоморфогенезу [18, 31, 32].

Аналіз фотохімічної активності фотосистеми II (показник F_v/F_m) показав, що сіянці, оброблені GA₃, мали майже оптимальні значення ($\approx 0,85$), що свідчить про відсутність фізіологічного стресу та високу ефективність фотосинтетичних процесів [47]. Також було зафіксовано збільшення вмісту хлорофілу а та б, що підтверджує посилення фотосинтетичної активності сіянців після обробки фітогормонами [27, 47].

Дослідження довело, що поєднання механічних методів (стратифікації та скарифікації) з біохімічними стимулами (фітогормонами) є найбільш результативним підходом до пророщування гранульованого насіння сосни звичайної [25, 47]. Такий підхід не лише підвищує схожість, а й забезпечує рівномірний розвиток сіянців, покращує їхній фізіологічний стан та стійкість до патогенів.

Крім того, автори зазначають, що гранулювання насіння з включенням фунгіцидів є ефективним засобом захисту від грибкових захворювань, таких як *Lecanosticta acicola*, що викликає буру плямистість хвої сосни. Це дає змогу одночасно стимулювати проростання та підвищити фітосанітарну безпеку садивного матеріалу.

Таким чином, результати цього дослідження підтверджують, що застосування комплексного підходу, який поєднує фізичні, хімічні та біологічні методи, є перспективним напрямом для покращення схожості насіння сосни звичайної та підвищення якості сіянців у лісових розсадниках [26].

Вплив різних біологічних препаратів, застосованих у різних дозах та часі експозиції, на проростання насіння сосни звичайної досліджували Бектур Капар, Алжан Курмангожинов, Бекболат Оссерхан, Сезгін Аян.

Метою роботи було визначити ефективність трьох біологічно активних препаратів – Agrarka, AgroMIX та Epin – у різних дозах (10, 5 і 2,5 мл/л) та за різної тривалості замочування насіння (30 хв, 1 год, 6 год, 24 год) [14, 15].

У дослідженні застосовували:

Agrarka – біостимулятор, створений на основі актиноміцетів (*Streptomyces* spp.), які проявляють антимікробні властивості та стимулюють ріст рослин;

AgroMIX – комплексний препарат, що містить живі культури *Bacillus* spp., *Saccharomyces* spp., *Acetobacter* spp. і *Streptomyces* spp., які фіксують азот, підвищують біологічну активність ґрунту та стимулюють ріст кореневої системи [16, 17];

Epin (епібрасінолід) – природний фітогормон, який підвищує стійкість рослин до стресових умов і сприяє кращій схожості насіння.

Результати показали, що всі три препарати позитивно впливали на схожість насіння сосни звичайної, проте AgroMIX у концентрації 10 мл/л при замочуванні протягом 6 годин забезпечував найвищі показники енергії проростання (94,66 %) і загальної схожості (96,33 %) . Водночас при збільшенні часу обробки до 24 годин спостерігалось зниження схожості, особливо у варіантах із Epin та у контролі, що пояснюється надмірним набуханням насіння і зниженням газообміну.

Таким чином, оптимальним методом передпосівної обробки насіння сосни звичайної є замочування у розчині AgroMIX (10 мл/л) протягом 6 годин, що забезпечує максимальну енергію проростання, підвищує стійкість проростків до хвороб і сприяє розвитку міцної кореневої системи [17, 19, 21–23, 25, 28, 30].

У висновках автори наголошують, що використання біологічних препаратів мікробного походження є перспективним напрямом у лісовому господарстві, оскільки вони забезпечують екологічно безпечне підвищення якості насіння, не забруднюють ґрунт і сприяють формуванню здорових,

життєздатних сіянців [13]. Такі методи можуть ефективно замінити традиційні хімічні стимулятори росту, забезпечуючи сталість і екологічність у вирощуванні лісового посадкового матеріалу [29, 33, 35, 38, 39, 41, 44, 49].

Висновки до розділу 1: У розділі розглянуті сучасні методи та підходи до покращення виробництва садивного матеріалу, зокрема щодо вирощування сіянців сосни звичайної. Описано основні агротехнічні прийоми, які включають обробіток ґрунту, полив, передпосівну підготовку насіння та використання добрив. Також увага була приділена впровадженню інноваційних технологій зрошення, таких як краплинний та мікродошувальний полив, що забезпечують оптимальний водний режим та підвищують ефективність вирощування.

Завдяки використанню стимуляторів росту та біологічно активних речовин вдалося значно покращити енергію проростання та схожість насіння, що підтверджується численними дослідженнями, як в Україні, так і за кордоном.

Застосування комплексних підходів до передпосівної обробки насіння, поєднання фізичних, хімічних і біологічних методів обробки, є важливим кроком у вдосконаленні технології вирощування садивного матеріалу.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА РОБІТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма робіт

Під час проведення досліджень програмою робіт передбачалося виконання таких основних завдань:

1. Аналіз літературних джерел за тематикою дослідження;
2. Розроблення схеми експерименту;
3. Проведення активного експерименту;
4. Аналіз отриманих даних і формулювання практичних рекомендацій для виробництва.

Розроблена програма досліджень має важливе значення для досягнення поставленої мети, оскільки забезпечує системний і комплексний підхід до вивчення об'єкта дослідження. Вона сприяє підвищенню наукової обґрунтованості та точності експерименту, а також дозволяє ефективно організувати послідовність виконання робіт.

Аналіз літературних джерел дає змогу узагальнити наявні знання та результати попередніх досліджень, визначити основні напрями подальшої роботи та уникнути повторення вже відомих помилок. Розроблення схеми експерименту забезпечує попереднє планування етапів дослідження, визначення необхідного обсягу вибірок, умов проведення дослідів та методів обробки даних.

Проведення активного експерименту спрямоване на отримання достовірних фактичних даних. Вимірювання морфометричних показників, їх обробка та аналіз дають змогу встановити взаємозв'язки між чинниками впливу і якістю отриманого садивного матеріалу, що в кінцевому підсумку забезпечує наукове обґрунтування отриманих результатів і розроблення практичних рекомендацій для виробничого впровадження.

2.2. Методика досліджень

Дослідження було проведено в навчально-науковій лабораторії деревного розсадництва, відтворення лісів та меліорацій кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України. Експеримент щодо вивчення впливу різних препаратів: ІОК, ІМК та інокулянтів (ЗБ, 14Б, 15Б), на морфометричні параметри насіння сосни звичайної залежно від концентрації та часу експозиції в препараті.

Метою досліду було визначення посівної якості насіння сосни звичайної, згідно методики визначення лабораторної схожості та енергії проростання насіння.

У рамках проведеного дослідження була застосована стандартна методика для визначення схожості та енергії проростання насіння сосни звичайної.

Спочатку насіння було підготовлено до пророщування шляхом замочування у воді протягом 18–24 годин. Це дозволяло насінню набрякнути, що покращувало умови для проростання та стимулювало розм'якшення насіннєвої оболонки.

Після попередньої обробки препаратами насіння було рівномірно розкладено по чашах Петрі за допомогою лічильника-розкладника. Для кожної проби було використано по 100 насінин, які акуратно розташовувалися на фільтрувальному папері, злегка зволоженому водою. Розкладка насіння здійснювалася так, щоб між кожною насіниною був достатній простір для нормального проростання без контакту з іншими насінинами. Це забезпечувало умови для рівномірного розвитку проростків і мінімізувало ризик перехресного зараження.

Після того як насіння було розкладено на фільтрувальному папері, чаші з насінням були поміщені на апарат Якобсена (рис. 2.1), де пророщування відбувалося при оптимальній температурі 22 ± 2 °С. На апараті Якобсена створювалися спеціальні умови для проростання насіння, необхідний

температурний режим та підтримання постійної вологості, що є важливим фактором для проростання лісового насіння.



Рис. 2.1. Насіння закладене на пророщування (фото автора)

У лабораторних умовах вивчали вплив на енергію проростання і схожість насіння такими препаратами та інокулянтами (рис. 2.2):

- ІОК – (індоліл-3-оцтова кислота) у концентраціях 0,5; 1,0; 2,0 мг/л;
- ІМК – (індоліл-3-масляна кислота) у концентраціях 0,5; 1,0; 2,0 мг/л;
- інокулянти (ЗБ, 14Б, 15Б).

Час експозиції для кожного розчину був 1 та 2 год.

Морфометричні показники оцінювали на 5, 7, 10 та 14 добу після початку пророщування (таблиця 2.1). Визначали середню довжину проростків та стандартне відхилення за кожним варіантом.



Рис. 2.2. Препарати які були використані в експерименті (фото автора)

Кожен препарат має свої особливості та різний склад діючої речовини який безпосередньо впливає на розвиток самої насінини.

Ауксини є одними з найважливіших фітогормонів, що визначають ріст і розвиток рослин, регулюючи процеси поділу та розтягування клітин, формування органів, коренеутворення, апікальне домінування і реакції на зовнішні чинники. Серед них найвідомішими і найпоширенішими є індолілоцтова кислота (ІОК) та індолілмасляна кислота (ІМК), які активно застосовуються у практиці вирощування садивного матеріалу. Завдяки впливу ауксинів активізується утворення бічних коренів, що підвищує здатність сіянців ефективніше використовувати вологу та поживні речовини з ґрунту. Такі властивості роблять ІОК та ІМК незамінними у лісівничій практиці, особливо під час передпосівної обробки насіння і стимулювання укорінення

живців. Крім того, застосування цих сполук дозволяє зменшити вплив стресових факторів, таких як коливання температури або нестача вологи, що позитивно позначається на виживанні молодих рослин.

Схема активного експерименту

Таблиця 2.1

Варіанти експозиції насіння в препаратах

Назва препарату	Концентрація, мг/л	Час експозиції, год
Контроль	-	Замочування у воді на 24 години
Індолілоцтова кислота	0,5	1
	1,0	
	2,0	
Індолілоцтова кислота	0,5	2
	1,0	
	2,0	
Індолілмасляна кислота	0,5	1
	1,0	
	2,0	
Індолілмасляна кислота	0,5	2
	1,0	
	2,0	
3 Бак	-	1
	-	2
14 Бак	-	1
	-	2
14 Бак	-	1
	-	2

Індолілоцтова кислота ($C_{10}H_9NO_2$) – головний природний ауксин, який синтезується у верхівкових частинах пагонів і молодих листках. Це біла кристалічна речовина з молекулярною масою 175,19 та температурою плавлення 168 °С, що на світлі швидко темніє. Вона добре розчиняється у

спиртах та ефірах, проте слабо – у воді, бензолі й хлороформі. ІОК характеризується нестійкістю у кислому середовищі та при наявності окисників, натомість у лужному середовищі є більш стабільною. У рослинах індолілоцтова кислота швидко розщеплюється під дією ферменту індолацетатоксидази, активність якого може пригнічуватися орто–дифенолами. Це гальмування сприяє накопиченню ІОК у тканинах і посиленню її стимулюючої дії на ріст. Саме завдяки цим властивостям ІОК визначає активність клітинного поділу, сприяє утворенню коренів і загальному посиленню ростових процесів у рослин [1].

Індолілмасляна кислота (ІМК) має подібну фізіологічну дію, однак є більш стабільною формою ауксину, що забезпечує триваліший ефект. Вона стимулює утворення і подовження коренів, посилює розвиток бічних коренів, покращує поглинання води та мінеральних речовин. Крім того, ІМК регулює апікальне домінування, пригнічуючи розвиток бічних пагонів і сприяючи формуванню компактної крони. За певних умов ІМК може також впливати на перехід рослин до фази цвітіння, а її участь у процесах фототропізму забезпечує спрямований ріст пагонів до джерела світла. Завдяки своїм властивостям індолілмасляна кислота широко використовується в рослинництві як стимулятор коренеутворення при укоріненні живців і пересадці рослин, а також як засіб для передпосівної обробки насіння з метою підвищення схожості й енергії проростання. Крім того, вона допомагає рослинам легше переносити стресові умови – температури посухи, низькі або механічні ушкодження [5].

Також для дослідження впливу на насіння були обрані два штами ріст-стимулювальних бактерій: *Bacillus subtilis* та *Bacillus amyloliquefaciens*. Бактерії культивували на поживному середовищі картопляний агар (КГА) протягом 1 доби. Для подальших досліджень добовий інокулят (суспензію бактерій) доводили до концентрації 10^8 колоніє утворюючих одиниць на мл (КУО/мл), що відповідає стандартизованій концентрації для обробки насіння.

2.3. Обсяг виконаних робіт

Під час проведення дослідження було закладено 19 проб по 100 насінин кожна, включаючи контрольний варіант. Для забезпечення оптимальних умов проростання та достовірності результатів насіння оброблялося різними препаратами з варіацією часу експозиції в кожному з них. Такий підхід дав змогу визначити вплив тривалості дії препаратів на енергію проростання та схожість насіння сосни звичайної. Важливою складовою роботи став аналіз наукових джерел. У процесі дослідження було опрацьовано 50 наукових статей і публікацій, що дозволило узагальнити сучасний стан вивчення впливу біологічно активних речовин і стимуляторів росту на якість лісового насіння та сіянців.

Висновки до розділу 2: У розділі представлено розроблену програму робіт та методику досліджень, спрямовану на вивчення впливу біологічно активних речовин і різного часу їх експозиції на схожість та енергію проростання насіння сосни звичайної. Метою цього розділу є систематизація та опис методологічного підходу до проведення експерименту, що забезпечує наукову обґрунтованість і достовірність отриманих результатів. Розділ має важливе значення, оскільки визначає основні етапи, методи та умови, за якими здійснювалося дослідження впливу препаратів на посівні якості насіння сосни звичайної.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика навчально-дослідного розсаднику кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій

Під час створення розсадника територію необхідно поділити на окремі зони, призначені для вирощування різних видів садивного матеріалу та проведення експериментів. Такий поділ сприяє ефективнішій організації роботи, полегшує догляд за рослинами та забезпечує зручність під час спостережень. Структура розсадників може відрізнятися залежно від їх функціонального призначення. Для визначення основних підрозділів розсадника враховують площу, кількість рослин, які планується вирощувати, та їх видовий склад.

До структури навчально–дослідного розсадника кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій входять дві основні частини – допоміжна та продуктивна. Продуктивна частина включає кілька підрозділів, у яких здійснюється розмноження, вирощування, дорощування та формування якісного посадкового матеріалу. До підрозділів виробничої частини можемо віднести:

- посівний відділ;
- вирощування плодкових культур;
- вирощування деревних саджанців;
- маточну плантація;
- полігон контейнерних культур.

Під час створення маточної плантації гібридів тополь була обрана ділянка із середнім рівнем родючості ґрунту та незначним ухилом, що максимально відтворює природні умови. Це дозволяє отримати об'єктивні

результати дослідження та відібрати найстійкіші й найперспективніші зразки для подальшого розмноження.

Створення таких плантацій є важливим етапом у формуванні енергетичних насаджень у зоні Полісся. Загальний вигляд маточної плантації наведено на рисунку 3.2.



Рис. 3.2. Загальний вигляд маточної плантації досліджуваних гібридів (фото автора)

На території навчально-дослідного розсадника також розміщено посівне відділення, полігон контейнерних культур і колекційну ділянку декоративних ялинок. При закладанні посівного відділення враховували рівень родючості ґрунту та рельєф місцевості, адже рівна поверхня забезпечує рівномірний полив і зручність догляду. Для підвищення ефективності догляду за посівами застосовуються механізовані засоби обробітку ґрунту та контролю за станом сходів. Особлива увага приділяється дотриманню сівозміни й боротьбі з бур'янами, що забезпечує здоровий розвиток сіянців та отримання високоякісного садивного матеріалу.

Загальний вигляд посівного відділення представлено на рисунку 3.3.



Рис. 3.3. Загальний вигляд посівного відділення (фото автора)

Отримані в розсаднику сіянці реалізуються лісовим господарствам для весняних лісокультурних робіт, а зразки, що мають наукову цінність, пересаджують у шкільки для подальшого дорощування. На рисунку 3.4 показано полігон контейнерної культури кафедри.



Рис. 3.4. Загальний вигляд полігону контейнерної культури (фото автора)

Полігон обладнаний системою поливу, а також захисними елементами від надмірного сонячного випромінювання. Незважаючи на відносно недавнє створення, полігон складається з двох частин – верхньої та нижньої, що дозволяє ефективно розміщувати різні види культур.

Попри компактні розміри, територія розсадника вирізняється продуманим плануванням і різноманіттям рослин. Тут гармонійно поєднані навчальні та виробничі ділянки, шкільки, полігони й колекційні насадження.

Завдяки сучасному технічному оснащенню та науковому супроводу розсадник активно використовується для практичної підготовки студентів. Важливим елементом його інфраструктури є навчальна лабораторія, створена спільними зусиллями керівництва університету, дирекції навчально-наукового інституту та співробітників кафедри (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Навчальна лабораторія на базі розсадника кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій (фото автора)

Таким чином, навчально–дослідний розсадник кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій є важливою базою для проведення наукових досліджень і підготовки фахівців у галузі лісового господарства, забезпечуючи студентам можливість набуття практичних навичок із вирощування лісового та декоративного садивного матеріалу.

3.2. Характеристика навчально-наукової лабораторії кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України

Навчально-наукова лабораторія кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій Національного університету біоресурсів і природокористування України розташована в першому корпусі університету, аудиторія №52. Вона є структурним підрозділом кафедри, що поєднує наукову, навчальну та виробничу діяльність, спрямовану на підвищення ефективності навчального процесу та впровадження результатів наукових досліджень у практику лісового і садово-паркового господарства (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Загальний вигляд лабораторії (фото автора)

У лабораторії проводяться заняття зі студентами, наукові експерименти, дослідження посівних якостей насіння, а також аналіз ефективності різних добрив, стимуляторів росту та біопрепаратів. Вона обладнана сучасними приладами, що дають змогу здійснювати комплексні дослідження в галузі лісового насінництва, розсадництва, мікроклонального розмноження та лісовідновлення.

Діяльність лабораторії спрямована на:

- удосконалення методики оцінки посівних якостей насіння лісових і декоративних деревних порід;
- підвищення ефективності лісовідновлення та лісорозведення на екологічних засадах;
- упровадження сучасних технологій мікроклонального розмноження і догляду за сіянцями;
- проведення спільних науково-виробничих експериментів з лісогосподарськими та садово-парковими підприємствами;
- використання лабораторної бази для практичної підготовки студентів і підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників;
- надання науково-консультаційних, освітніх та інформаційних послуг;
- сприяння оновленню матеріально-технічної бази кафедри та впровадженню цифрових технологій у навчальний процес.

У лабораторії розробляються інноваційні навчально–методичні матеріали, проводяться експерименти з вирощування лісового та декоративного садивного матеріалу, здійснюється впровадження наукових розробок у виробництво.

Студенти та викладачі мають змогу ознайомлюватися з новими методиками, брати участь у семінарах, наукових конференціях та майстер-класах, а також отримувати практичні навички з контролю посівних якостей насіння, пророщування, мікроклонального розмноження та оцінки стану сіянців.

Лабораторія оснащена сучасним обладнанням таким як:

Апарат Якобсена (рис. 3.7) використовується для визначення енергії проростання та лабораторної схожості насіння. Його конструкція забезпечує стабільну температуру, освітлення та рівень вологості, що дозволяє моделювати оптимальні умови для проростання насіння різних деревних порід.



Рис. 3.7. Апарат Якобсена (фото автора)

Термостат (рис. 3.8) застосовується для підтримання сталої температури під час лабораторних досліджень, зокрема при пророщуванні насіння, мікробіологічних аналізах і вегетаційних експериментах. Він забезпечує точний контроль температурного режиму, що є важливим для достовірності експериментальних результатів.



Рис. 3.8. Термостат (фото автора)

Мікроскопи та лабораторні ваги (рис. 3.9) використовуються для детального морфологічного аналізу насіння, проростків та корневих систем. Мікроскопи дають змогу визначати ступінь розвитку ембріонів, наявність пошкоджень або грибкових уражень, а ваги для визначення маси 1000 насінин, біомаси сіянців і контролю точності дозування реактивів.



Рис 3.9. Мікроскопи та лабораторні ваги (фото автора)

Ламінар-бокс (рис. 3.10) призначений для створення стерильних умов під час проведення лабораторних робіт, що потребують максимальної чистоти робочого середовища. Він забезпечує безпечні умови для роботи з біологічними препаратами та хімічними розчинами.



Рис. 3.10. Ламінар-бокс (фото автора)

Висновки до розділу 3: Навчально–дослідний розсадник та навчально-наукова лабораторія кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України є важливими об'єктами для проведення навчальної та наукової роботи. Вони забезпечують студентам можливість набуття практичних навичок, сприяють удосконаленню технологій вирощування садивного матеріалу та впровадженню сучасних методів лісовідновлення. Завдяки наявності сучасного обладнання та продуманій організації роботи створено умови для проведення якісних експериментів і впровадження наукових розробок у практику лісового господарства.

РОЗДІЛ 4

ПІДВИЩЕННЯ ПОСІВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЛІСОВОГО НАСІННЯ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ

4.1. Вплив препаратів на посівні якості насіння сосни звичайної

Вивчення впливу різних препаратів на енергію проростання насіння сосни звичайної показало, що застосування біологічно активних речовин позитивно позначається на процесі проростання порівняно з контролем (табл. 4.1). У ході досліджу оцінювали середні показники енергії проростання та стандартне відхилення, що дозволило визначити стабільність і силу впливу кожного препарату.

Результати проведеного дослідження засвідчили, що застосування різних препаратів по-різному впливає на енергію проростання насіння сосни звичайної. Деякі з них суттєво стимулювали проростання, забезпечуючи більш активний розвиток зародків, тоді як інші виявили помірний або незначний вплив.

Особливо важливим є той факт, що не лише швидкість проростання, але й загальний фізіологічний стан насіння після обробки визначає успішність подальшого розвитку сіянців. Оптимальне поєднання концентрації та часу експозиції препаратів дозволяє створити сприятливі умови для активації внутрішніх біохімічних процесів, підвищення стійкості насіння до стресових факторів і покращення польової схожості.

Таким чином, дослідження впливу різних препаратів на енергію проростання насіння сосни звичайної має важливе практичне значення для вдосконалення технологій лісового насінництва. Вибір найбільш ефективного препарату та оптимальних умов його застосування забезпечує підвищення якості посівного матеріалу.

Таблиця 4.1

Вплив препаратів на енергію проростання насіння сосни звичайної

Назва препарату	Концентрація, мг/л	Час витримки, год	Середнє, см	Стандартне відхилення, см
Контроль	-	-	1,390	0,365
ІМК	0,5	1	1,545	0,325
ІМК	1,0	1	1,525	0,325
ІМК	2,0	1	1,584	0,302
ІМК	0,5	2	1,533	0,295
ІМК	1,0	2	1,491	0,218
ІМК	2,0	2	1,613	0,275
ІОК	0,5	1	1,588	0,287
ІОК	1,0	1	1,536	0,270
ІОК	2,0	1	1,519	0,317
ІОК	0,5	2	1,540	0,286
ІОК	1,0	2	1,559	0,218
ІОК	2,0	2	1,471	0,250
14 Бак	-	1	1,559	0,282
14 Бак	-	2	1,593	0,351
15 Бак	-	1	1,482	0,276
15 Бак	-	2	1,582	0,377
3 Бак	-	1	1,552	0,313
3 Бак	-	2	1,565	0,334

Результати свідчать, що контрольна група мала найнижчі показники енергії проростання ($1,39 \pm 0,365$ см), що підтверджує необхідність використання стимулювальних засобів для активізації фізіологічних процесів у насінні. Після обробки насіння препаратами серії ІМК (індолмасляна кислота) спостерігалось помітне підвищення енергії проростання. Найвищі результати отримано при концентрації 2 мг/л та експозиції 2 години ($1,613 \pm 0,275$ см), що свідчить про ефективну дію ІМК за умов тривалішого контакту (рис. 4.1). При коротшій експозиції (1 година) значення були дещо нижчими, однак також перевищували контроль, що вказує на стимулювальний вплив ІМК на фізіологічну активність насіння.



Рис. 4.1. Загальний вигляд проростків на 7 день за дії ІМК 2 мг/л, 2 год (фото автора)

Подібна тенденція спостерігалася і при застосуванні препарату ІОК (індолоцтова кислота). У більшості варіантів результати були вищими за контроль, із максимальним середнім показником $1,588 \pm 0,287$ см при концентрації 0,5 мг/л та експозиції 1 година (рис. 4.2). Це свідчить, що менша

концентрація препарату забезпечує оптимальний баланс між стимулювальною дією та уникненням надмірного гормонального впливу. У варіантах із вищими концентраціями або тривалішою експозицією спостерігалось незначне зниження ефективності, що можна пояснити пригніченням біохімічних процесів унаслідок надлишку активної речовини.



Рис. 4.2. Загальний вигляд проростків на 7 день за дії ЮК 0,5 мг/л, 1 год (фото автора)

Використання бактеріальних препаратів («3 Бак», «14 Бак», «15 Бак») також продемонструвало стабільне підвищення енергії проростання. Найкращі результати показав препарат «14 Бак» при двогодинній експозиції ($1,593 \pm 0,351$ см), що навіть перевищувало показники деяких варіантів із використанням кислот (рис. 4.3). Це свідчить про те, що бактеріальні культури мають не лише стимулювальний ефект, але й можуть сприяти мікробіологічній активації процесів у насінні, підвищуючи його життєздатність та енергію росту.



Рис. 4.3. Загальний вигляд проростків на 7 день за дії 14 Бак, 2 год (фото автора)

Загалом, результати експерименту свідчать, що обробка насіння сосни звичайної різними препаратами має виражений позитивний вплив на енергію проростання. Найефективнішими виявилися препарати ІМК при концентрації 2 мг/л і експозиції 2 години та бактеріальний препарат «14 Бак» за двогодинної експозиції. Застосування таких стимуляторів дозволяє покращити схожість насіння, підвищити рівень життєздатності проростків і забезпечити більш рівномірне та дружнє проростання.

Дослідження впливу різних препаратів на схожість насіння сосни звичайної показало, що використання біологічно активних речовин сприяє активнішому проростанню порівняно з контрольним варіантом (табл. 4.2). У процесі експерименту визначали середні значення схожості та стандартне відхилення, що дало змогу оцінити стабільність результатів і силу дії кожного препарату.

Таблиця 4.2

Вплив препаратів на схожість насіння сосни звичайної

Назва препарату	Концентрація, мг/л	Час витримки, год	Середнє, см	Стандартне відхилення, см
Контроль	-	-	5,170	0,966
ІМК	0,5	1	5,430	0,974
ІМК	1,0	1	5,572	1,177
ІМК	2,0	1	5,494	1,334
ІМК	0,5	2	5,052	0,975
ІМК	1,0	2	5,305	0,840
ІМК	2,0	2	5,459	0,970
ІОК	0,5	1	5,441	0,800
ІОК	1,0	1	5,370	1,037
ІОК	2,0	1	5,504	1,042
ІОК	0,5	2	5,366	1,086
ІОК	1,0	2	5,089	1,228
ІОК	2,0	2	5,376	1,018
14 Бак	-	1	4,879	0,946
14 Бак	-	2	5,267	0,878
15 Бак	-	1	5,098	1,075
15 Бак	-	2	5,220	0,814
3 Бак	-	1	4,989	0,943
3 Бак	-	2	5,006	0,833

Результати дослідження показали, що застосування різних препаратів суттєво вплинуло на середні показники проростання насіння сосни звичайної, порівняно з контролем. У контрольному варіанті середнє значення становило $5,170 \pm 0,966$ см, що підтверджує природну схожість насіння без стимуляторів (рис. 4.4). Однак після обробки препаратами ІМК, ІОК та бактеріальними засобами спостерігалось підвищення показників проростання, що свідчить про їх позитивну дію на фізіологічну активність насіння.



Рис. 4.4. Загальний вигляд проростків на 14 день, контрольна проба (фото автора)

Найвищі показники серед препаратів серії ІМК (індолмасляна кислота) були зафіксовані при концентрації 1 мг/л та експозиції 1 година ($5,572 \pm 1,177$ см). Це свідчить, що короткотривала дія препарату в середній концентрації забезпечує найоптимальніші умови для активації ростових процесів, стимулюючи поділ клітин і розвиток зародка. Зі збільшенням часу витримки до 2 годин спостерігалось незначне зниження показників, що може бути наслідком надмірного впливу активної речовини на клітинний обмін (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Загальний вигляд проростків на 14 день за дії ІМК 1,0 мг/л; 1 год (фото автора)

Аналогічна тенденція відзначалася і для ІОК (індолицтова кислота), де найбільші показники зафіксовано при концентрації 2 мг/л і експозиції 1 година ($5,504 \pm 1,042$ см). Це свідчить про те, що ІОК, як природний аналог фітогормонів ауксинового типу, ефективно стимулює проростання насіння навіть у дещо вищих концентраціях, підтримуючи баланс між стимуляцією росту та уникненням токсичного ефекту (рис. 4.6). При подовженні часу дії препарату до 2 годин ефективність дещо знижувалася, однак залишалася на рівні, вищому за контроль.

Під впливом препарату спостерігалось прискорення появи сходів та збільшення довжини проростків, що вказує на посилення енергетичного обміну в насінні. Вищі концентрації препарату або надмірна тривалість експозиції, навпаки, можуть пригнічувати ріст через перевищення оптимального рівня гормональної стимуляції.



Рис. 4.6. Загальний вигляд проростків на 14 день за дії ІОК 2,0 мг/л; 1 год (фото автора)

Бактеріальні препарати (3 Бак, 14 Бак, 15 Бак) також проявили позитивний вплив на проростання насіння. Найкращий результат було отримано при застосуванні препарату 14 Бак із двогодинною експозицією ($5,267 \pm 0,878$ см) зображено на рисунку 4.7.

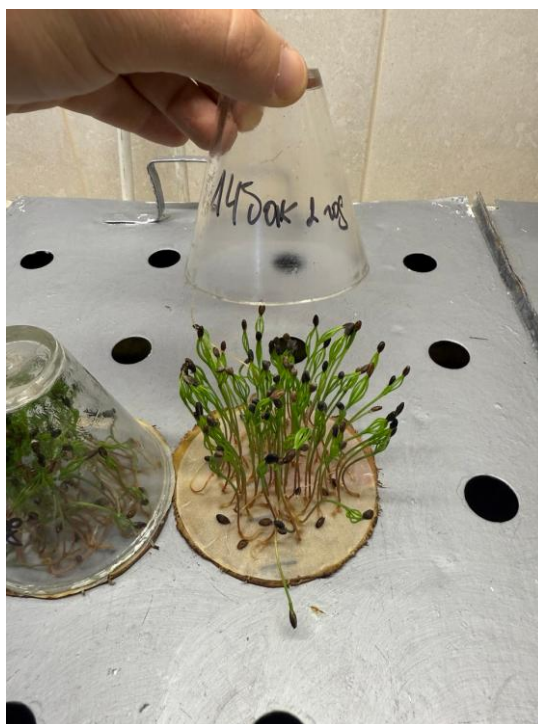


Рис. 4.7. Загальний вигляд проростків на 14 день за дії 14 Бак; 2 год (фото автора)

Загалом, усі варіанти досліду перевищили контроль за показниками проростання, що свідчить про доцільність використання як кислот, так і біологічних стимуляторів для підвищення схожості насіння сосни звичайної. Найефективнішими виявилися варіанти з короткотривалою обробкою препаратами ІМК та ІОК, що забезпечили оптимальні умови для активації фізіологічних процесів на ранніх етапах проростання.

4.2. Залежність показників проростків за різної дії досліджуваних препаратів

Проведене дослідження дозволило детально проаналізувати динаміку енергії проростання насіння сосни звичайної під впливом ІОК для стимуляції росту дані які наведені у таблиці 4.3.

Під час застосування ІОК спостерігалось помітне прискорення проростання вже на ранніх етапах. Найвищі показники було зафіксовано при концентрації 2 мг/л з експозицією 1 година на 14-й день, де середнє значення становило $5,504 \pm 1,042$ см. Подібно високий результат отримано і при концентрації 0,5 мг/л за тієї ж тривалості дії, що вказує на достатню ефективність низьких доз препарату (рис. 4.8). У перших днях експерименту спостерігалась закономірна тенденція до поступового наростання середніх показників, а вже після сьомого дня різниця між контрольними та дослідними варіантами була суттєвою. За двогодинної експозиції результати залишалися стабільно високими, однак у деяких випадках спостерігалось незначне зниження енергії проростання, що може свідчити про перенасичення насіння гормоном і можливе пригнічення окремих біохімічних процесів.

Порівняльний аналіз показників у різних концентраціях дозволив визначити оптимальний діапазон дії препарату. При підвищенні концентрації понад 2 мг/л або збільшенні тривалості експозиції спостерігалось поступове зниження ростових показників. Такий ефект є типовим для регуляторів росту,

коли надлишок активної речовини може порушити природний гормональний баланс рослини, призводячи до уповільнення метаболічних процесів.



Рис. 4.8. Загальний вигляд проростків на 14 день за дії ІОК 0,5 мг/л; 1 год (фото автора)

Особливу увагу заслуговує спостереження за рівномірністю розвитку проростків у дослідних варіантах. У зразках, оброблених ІОК у концентраціях 0,5–2 мг/л, сходи були більш вирівняними за висотою, мали міцніші стебельця й краще сформовані корінці. Це свідчить про підвищення фізіологічної однорідності садивного матеріалу, що є важливою перевагою для подальшого вирощування у розсаднику.

Таким чином, результати експерименту підтверджують, що застосування ІОК у малих і середніх концентраціях є ефективним способом підвищення енергії проростання насіння сосни звичайної. Оптимальна комбінація концентрації 2 мг/л та експозиції 1 година забезпечує найкращий баланс між стимулювальним ефектом і безпечністю дії препарату.

Таблиця 4.3

Вплив ІОК на схожість та енергію проростання насіння сосни звичайної

Препарат	День	Концентрація мг/л	Час витримки, год	Середнє, см	Стандартне відхилення, см
Індолоцтова кислота	5	0,5	1	0,041	0,007
	7	0,5	1	1,588	0,287
	10	0,5	1	1,894	0,581
	14	0,5	1	5,441	0,800
Індолоцтова кислота	5	1,0	1	0,040	0,008
	7	1,0	1	1,536	0,270
	10	1,0	1	1,902	0,540
	14	1,0	1	5,370	1,037
Індолоцтова кислота	5	2,0	1	0,039	0,008
	7	2,0	1	1,519	0,317
	10	2,0	1	1,987	0,597
	14	2,0	1	5,504	1,042
Індолоцтова кислота	5	0,5	2	0,037	0,008
	7	0,5	2	1,540	0,286
	10	0,5	2	1,781	0,562
	14	0,5	2	5,366	1,086
Індолоцтова кислота	5	1,0	2	0,038	0,008
	7	1,0	2	1,559	0,218
	10	1,0	2	1,805	0,470
	14	1,0	2	5,089	1,228
Індолоцтова кислота	5	2,0	2	0,045	0,012
	7	2,0	2	1,471	0,250
	10	2,0	2	2,182	0,519
	14	2,0	2	5,376	1,018

Препарат ІМК проявив ще більш виражений стимулювальний ефект порівняно з ІОК це зображено в таблиці 4.4. Максимальні значення енергії проростання були зафіксовані при концентрації 1 мг/л і часі витримки 1 година - $5,572 \pm 1,177$ см, що стало найвищим показником серед усіх варіантів досліду. Високі результати також спостерігалися при концентрації 2 мг/л як при одноденній, так і при дводенній експозиції, де показники становили відповідно $5,494 \pm 1,334$ см та $5,459 \pm 0,970$ см (рис. 4.9). Це свідчить про те, що ІМК, на відміну від ІОК, зберігає свою ефективність навіть при збільшенні концентрації та часу дії. Ймовірно, індолмасляна кислота активніше впливає на клітинні процеси проростання, стимулюючи поділ клітин зародка, синтез білків. Збільшення концентрації до 2 мг/л не призводило до різкого зниження ефективності, що вказує на ширший діапазон безпечної дії препарату. Навпаки, спостерігалася тенденція до поступового зростання показників, що підтверджує стійкий стимулювальний вплив ІМК навіть за подовженої експозиції. При цьому морфологічний стан проростків залишався задовільним: не відзначалося ознак пригнічення росту чи деформацій.



Рис. 4.9. Загальний вигляд проростків на 14 день за дії ІМК 2,0 мг/л; 1 год (фото автора)

Таблиця 4.4

Вплив ІМК на схожість та енергію проростання насіння сосни звичайної

Препарат	День	Концентрація мг/л	Час витримки, год	Середнє, см	Стандартне відхилення, см
Індолмасляна кислота	5	0,5	1	0,037	0,008
	7	0,5	1	1,545	0,325
	10	0,5	1	2,185	0,710
	14	0,5	1	5,430	0,974
Індолмасляна кислота	5	1,0	1	0,040	0,008
	7	1,0	1	1,525	0,325
	10	1,0	1	2,144	0,905
	14	1,0	1	5,572	1,177
Індолмасляна кислота	5	2,0	1	0,037	0,004
	7	2,0	1	1,584	0,302
	10	2,0	1	2,021	0,379
	14	2,0	1	5,494	1,334
Індолмасляна кислота	5	0,5	2	0,046	0,007
	7	0,5	2	1,533	0,295
	10	0,5	2	2,185	0,710
	14	0,5	2	5,052	0,975
Індолмасляна кислота	5	1,0	2	0,047	0,008
	7	1,0	2	1,491	0,218
	10	1,0	2	1,730	0,495
	14	1,0	2	5,305	0,840
Індолмасляна кислота	5	2,0	2	0,049	0,008
	7	2,0	2	1,613	0,275
	10	2,0	2	1,773	0,434
	14	2,0	2	5,459	0,970

Інокулянти «3 Бак», «14 Бак» і «15 Бак» також позитивно впливали на процеси проростання (табл. 4.5). Найкращі результати серед цієї групи показав препарат «14 Бак», особливо за двогодинної експозиції, де на 14-й день середнє значення становило $5,267 \pm 0,878$ см (рис. 4.11). Препарат «15 Бак» показав схожі результати – $5,220 \pm 0,814$ см, а «3 Бак» мав дещо нижчі показники – $5,006 \pm 0,833$ см. Така тенденція свідчить, що інокулянти сприяють покращенню фізіологічного стану насіння, активізують обмінні процеси, покращують засвоєння кисню та підвищують стійкість проростків на ранніх етапах розвитку.



Рис. 4.11 Загальний вигляд проростків на 14 день за дії 14 Бак; 2 год (фото автора)

Порівняння результатів показало, що загальна динаміка розвитку насіння у варіантах із препаратами була більш стабільною, а розмір стандартного відхилення меншим, ніж у контрольних зразків. Це свідчить про більш рівномірне проростання насіння і менший вплив випадкових факторів. Уже на сьомий день після обробки у більшості варіантів із застосуванням стимуляторів середні значення перевищували контроль більш ніж у півтора раза, а до 14-го дня різниця становила 10–15%.

Таблиця 4.5

Вплив інокулянтів на схожість та енергію проростання насіння сосни звичайної

Препарат	День	Концентрація мг/л	Час витримки, год	Середнє, см	Стандартне відхилення, см
14 бак	5		1	0,039	0,007
	7		1	1,559	0,282
	10		1	2,450	0,776
	14		1	4,879	0,946
14 бак	5		2	0,048	0,008
	7		2	1,593	0,351
	10		2	2,960	0,610
	14		2	5,267	0,878
15 бак	5		1	0,044	0,008
	7		1	1,482	0,276
	10		1	2,133	0,740
	14		1	5,098	1,075
15 бак	5		2	0,048	0,008
	7		2	1,582	0,377
	10		2	2,789	0,556
	14		2	5,220	0,814
3 бак	5		1	0,038	0,007
	7		1	1,552	0,313
	10		1	2,570	0,751
	14		1	4,989	0,943
3 бак	5		2	0,048	0,008
	7		2	1,565	0,334
	10		2	2,418	0,653
	14		2	5,006	0,833

У контрольному варіанті, де насіння не піддавалося жодній передпосівній обробці, показники енергії проростання залишалися найнижчими протягом усього періоду спостережень (табл. 4.6). На п'ятий день середнє значення становило лише $0,043 \pm 0,007$ см, що свідчить про початкову фазу набухання насіння (рис. 4.8).

Таблиця 4.6

Показники контрольної проби

Препарат	День	Концентрація мг/л	Час витримки, год	Середнє, см	Стандартне відхилення, см
Контроль	5	Без підживлення	-	0,043	0,007
	7			1,390	0,365
	10			2,660	0,911
	14			5,170	0,966

Уже на сьомий день цей показник зріс до $1,390 \pm 0,365$ см, а до чотирнадцятого дня – до $5,170 \pm 0,966$ см. Такі результати є типовими для природного процесу проростання без стимуляції.



Рис. 4.8 Загальний вигляд проростків на 5 день контрольна група (фото автора)

У результаті дослідження встановлено, що найвищий стимулювальний ефект спостерігався у варіанті з ІМК (1 мг/л, 1 година), що забезпечило максимальну енергію проростання $5,572 \pm 1,177$ см. Оптимальні умови для ІОК – 2 мг/л при годинній експозиції, що дало результат $5,504 \pm 1,042$ см. Серед інокулянтів найефективнішим виявився «14 Бак» при двогодинній експозиції.

Отримані результати мають практичне значення для лісового господарства, оскільки вони підтверджують ефективність використання біологічно активних речовин у передпосівній підготовці насіння. Використання таких препаратів дозволяє підвищити якість посівного матеріалу, скоротити терміни появи сходів і забезпечити формування більш життєздатних сіянців, що в подальшому позитивно позначиться на їхній приживлюваності та рості в польових умовах.

Висновки до розділу 4: У цьому розділі здійснено узагальнений аналіз впливу різних препаратів на енергію проростання та схожість насіння, що дозволило отримати об'єктивні результати та зробити висновки щодо їх подальшого використання у лісовому господарстві. Отримані результати мають практичне значення для підвищення якості лісових культур і вдосконалення сучасних методів лісовідновлення.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Проведене дослідження, спрямоване на визначення ефективності передпосівної обробки насіння сосни звичайної різними біологічно активними препаратами, показало, що правильний вибір стимулятора росту, його концентрації та тривалості експозиції суттєво впливає на енергію проростання та життєздатність насіння.

У ході експерименту встановлено, що контрольна група, яка не піддавалася обробці, мала найнижчі показники енергії проростання ($1,39 \pm 0,365$ см). Це свідчить про доцільність використання стимулювальних засобів для активізації фізіологічних процесів у насінні.

Найвищі результати були зафіксовані при використанні ІМК у концентрації 2 мг/л при двогодинній експозиції ($1,613 \pm 0,275$ см). Такі показники підтверджують, що препарат має виражену стимулювальну дію на процеси проростання, особливо за умов тривалішого контакту з насінням.

ІОК також сприяла покращенню показників, проте найвищі результати спостерігалися при нижчій концентрації 0,5 мг/л та експозиції 1 година ($1,588 \pm 0,287$ см), що свідчить про ефективність меншої дози для активації ростових процесів.

Застосування інокулянтів «3 Бак», «14 Бак» і «15 Бак» також продемонструвало позитивний вплив на енергію проростання. Найкращим серед них виявився «14 Бак» при експозиції 2 години ($1,593 \pm 0,351$ см), що свідчить про здатність препарату стимулювати розвиток насіння через активізацію біохімічних процесів.

Отримані результати підтверджують ефективність використання препаратів у передпосівній обробці насіння сосни звичайної. Це дозволяє підвищити якість посівного матеріалу, забезпечити рівномірне проростання та сприяти формуванню життєздатних сіянців із підвищеним потенціалом росту.

На основі отриманих результатів дослідження можна запропонувати низку практичних рекомендацій для підвищення ефективності передпосівної підготовки насіння сосни звичайної. Найдоцільніше застосовувати ІМК у концентрації 2 мг/л із двогодинною експозицією, оскільки саме цей варіант продемонстрував найвищу ефективність у стимулюванні процесів проростання та формуванні життєздатних проростків. За потреби скорочення часу обробки доцільним є використання ІОК у концентрації 0,5 мг/л з експозицією 1 година, яка забезпечує стабільне підвищення енергії проростання без ризику пригнічення ростових процесів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на визначення можливостей комбінованого використання таких препаратів, що дозволить досягти синергетичного ефекту. Такий підхід сприятиме вдосконаленню технологій вирощування сіянців, забезпеченню стабільних результатів у лісовому господарстві та підвищенню якості садивного матеріалу, придатного для успішного відтворення лісових екосистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ауксини. ВУЕ: веб сайт. URL: <https://vue.gov.ua/Ауксини> (дата звернення: 05.11.2025).
2. Бойко Г. О., Пузріна Н. В. Схожість та енергія проростання насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) різного кольору // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2015. Вип. 219. С. 113–117.
3. Вешицький В.А., Дульнєв П.Г., Сірик В.В. Проблеми застосування регуляторів росту рослин при вирощуванні садивного матеріалу деревних порід. *Наукові доповіді НАУ*. веб сайт. URL: <http://nd.nubip.edu.ua/2006-4/06wawsar.html> (дата звернення: 06.11.2025).
4. Вуглеамонійні солі, комплексні добрива на їх основі та регулятор росту і розвитку рослин триман-1 для сільськогосподарського виробництва та лісорозведення: Рекомендації до використання / НАН України; Українська академія аграрних наук. Київ: ВПП «Компас», 2002. 80 с.
5. Індол-3-масляна кислота *Svoypribor*: веб сайт. URL: <https://svoypribor.com.ua/ua/p1411320921-indolil-maslyanaya-kislota.html> (дата звернення 05.11.2025).
6. Лісові культури : підручник / М. І. Гордієнко, М. М. Гузь, Ю. М. Дебринюк, В. М. Маурер. Львів : Камула, 2005. 608 с.
7. Нагорнюк О.М., Матковська С.І., Матвійчук Б.В., Іщук О.В., Світельський М.М. Екологічна оцінка застосування регуляторів росту рослин в умовах закритого ґрунту за вирощування сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) *Електронна бібліотека Житомирського державного університету*. веб сайт. URL: [https://eprints.zu.edu.ua/34673/1/Agroecology_01_2022%20\(1\).pdf](https://eprints.zu.edu.ua/34673/1/Agroecology_01_2022%20(1).pdf) (дата звернення: 06.11.2025).

8. Пузріна Н.В., Бойко Г.О. Сучасні методи інтенсифікації вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus silvestris* L.) *Український журнал лісівництва та деревинознавства*: веб сайт. URL: https://forestsscience.com.ua/web/uploads/pdf/Ukrainian%20journal%20of%20forest%20and%20wood%20science_No%20198_P2_209-214.pdf (дата звернення: 06.11.2025).

9. Томашук О.П., Голуб В.О., Голуб С.М. Еколого-біологічні особливості застосування регуляторів росту при вирощуванні сосни звичайної в умовах лісового розсадника. *eVNUIR: Домівка*. веб сайт. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/22133/1/123-125.pdf> (дата звернення: 06.11.2025).

10. Усцький І. М., Дишко В. А., Михайличенко О. А. Особливості проростання насіння та росту сіянців дерев сосни звичайної різної стійкості проти кореневої губки. *Journals of National Academy of Sciences of Ukraine*. веб сайт. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/uk/article/UJRN-0001046155> (дата звернення: 06.11.2025).

11. Хобі Осмокот Стандарт 200 г. *Agrodim*. веб сайт. URL: https://agrodim.com.ua/catalog/product/dobrivo-osmocote-standard-15-9-12-icl/200-gr/?srsltid=AfmBOopIJlwtIcLSmBbkM_kceeVvn2-Sy223Hn-qg3k7vsPUJZBUSham (дата звернення: 06.11.2025).

12. Ящук І.В., Шлончак Г.А. Досвід вирощування саджанців сосни звичайної за допомогою регуляторів росту рослин у Клавдіївському лісгоспі. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. С. 43-46.

13. Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) seed germination under nursery conditions: Effect of cold storage, gibberellic acid and mother-tree genotype. *Annals of Forest Science*. веб сайт. URL: <https://www.afs-journal.org/articles/forest/abs/2004/02/F4211/F4211.html> (дата звернення: 06.11.2025).

14. Ayan, S, Çalışkan, E, Özel, HB, YerÇelik, EN, Gülseven, O & Yilmaz. Influence of effective microorganisms on morphological characteristics of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) containerised seedlings. *Journal of Bartın of Faculty of Forestry*, 23: 294-305. веб сайт. URL: <https://doi:10.24011/barofd.893148> (дата звернення: 06.11.2025).

15. Ayan, S, Çalışkan, E, Özel, HB, YerÇelik, EN, Yilmaz, E, Gülseven, O & Akin. The influence of effective microorganisms on physiological characteristics of containerized Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). *Scielo* веб сайт. URL: <http://doi.org/10.1590/01047760202228013018>. (дата звернення: 06.11.2025).

16. Cardarelli, M, Woo, SL, Roupael, Y and Colla G 2022, Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. *Plants*, 11(3): 259.

17. Chang, P, Lin, M, Zhao, S, Chang, C & Guo, L 1991, Promotion of germination of coniferous seeds by snow stratification combined with dehydration-rehydration treatment. *New Forests*, 5: 239- 246.

18. Design and fabrication of adjustable red-green-blue LED light arrays for plant research. *SpringerLink*. веб сайт. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2229-5-17> (дата звернення: 06.11.2025).

19. Ertekin, M, Kirdar, E, Ayan, S & Özel, HB 2009, The effects of some plant growth regulator on seedling of laurel (*Laurus nobilis* L.), *Journal of Forestry Faculty, Kastamonu University*, 9: 171-176.

20. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LED) in in vitro plant growth and morphogenesis. *SpringerLink*. веб сайт. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11816-013-0277-0> (дата звернення: 06.11.2025).

21. Gataulina, GG, Shitikova, AV, Medvedeva, NV 2023, Periods of development and dynamic parameters of white lupin, *Lupinus albus* L. yield

formation. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21: 1203-1208. Gordon, AG 1992, Seed manual of forest trees. Bulletin 83, London, Forestry Commission: 132 p.

22. Hoffmann, J, Chvalova, K & Palatova, E 2005, Forestry in Slovakia. Bratislava, LESMEDIUM, k.s.:193.

23. Hrabı, L 1990, Procedures of pre-sowing seed preparation aimed at increasing its germination and germination energy. Implementation output of RV 01. Research Institute of Forestry and Hunting, Jıloviste-Strnady, Research Station Opocno: 6 p.

24. Identification of a hydrogen peroxide signalling pathway in the control of light-dependent germination in *Arabidopsis*. *SpringerLink*. веб сайт. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00425-013-1901-5> (дата звернення: 06.11.2025).

25. Kantor, J 1952, The effect of seed soaking on the (*Pinus sylvestris* L.) and spruce ob. (*Picea excelsa* L.) in seedling growth and development simulators. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Brno*, 3-4: 291-297.

26. Katarzyna Nawrot-Chorabik., Małgorzata Osmenda., Krzysztof Słowinski., Dariusz Latowski., Sylwester Tabor., Sylwester Tabor. Stratification, Scarification and Application of Phytohormones Promote Dormancy Breaking and Germination of Pelleted Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). *Mdpi* веб сайт. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/5/621> (дата звернення: 06.11.2025).

27. Ken-Ichi Hatano., Sumihiko Asakawa. Physiological Processes in Forest Tree Seeds during Maturation, Storage, and Germination. *Sciencedirect* веб сайт. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/bookseries/abs/pii/B9781483199757500119> (дата звернення: 06.11.2025).

28. Khurshkaynen, TV, Andreyeva YeM, Stetsenko, SK, Terekhov, GG, Kuchin, AV 2019, Influence of biopreparation verva and verva-spruce on the Scots pine seedlings growth. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 1: 295-300.

29. Kırdar E. (2002). Effect of application containing GA3 on seed germination of different pine species. *Energy, Education, Science and Technology*, 8, 53-58.

30. Kırdar, E & Allahverdiev, S 2003, The effect of Polystimulin-A6 on some morphological properties of beech seedlings (*Fagus orientalis* Lipsky.), *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 53: 200-207.

31. LED Lighting in Horticulture. *ASHS*. веб сайт. URL: <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/43/7/article-p1947.xml> (дата звернення: 06.11.2025).

32. Light-emitting Diodes as a Radiation Source for Plants. *ASHS*. веб сайт. URL: <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/26/2/article-p203.xml> (дата звернення: 06.11.2025).

33. Meiqiu, ZHU, Changming, MA, Yang, W, Lili, Z, Hui, W & Yuxin Kejiu, DU 2009, Effect of extracts of Chinese pine on its own seed germination and seedling growth. *Frontiers of Agriculture in China*, pp. 353-358.

34. N.M. Vedernikov, G.A. Morozov, A.A. Nazirov, *The influence of microwave treatment of pine and spruce seeds on their sowing qualities and resistance of sprouts to diseases in forest nurseries in Forests, forest sector and ecology of the Republic of Tatarstan: article collection 1*, 38–44 (Kazan, 2005)

35. Nikolaeva, M.G. Factors Controlling the Seed Dormancy Pattern. In *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*, 1st ed.; Kahn, A.A., Ed.; North Holland Biomedical Press: Amsterdam, The Netherlands; New York, NY, USA, 1977; pp. 51–74.

36. O.I. Yakhin, A.A. Lubyantsev, I.A. Yakhin, P.H. Brown, Biostimulants implant science: a global perspective *Frontiers in Plant Sci.* 7 (2017)

37. Plant Productivity in Response to LED Lighting. *ASHS*. веб сайт. URL: <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/43/7/article-p1951.xml> (дата звернення: 06.11.2025).

38. Procházková, Z 2004, Quality seed - the basis of KSM's intensive technologies. In: Possibilities of using planting material and intensive nursery technologies for forest restoration. Forestry work, Forestry and Hunting Research Institute, Association of Forest Educators. pp. 35-39,

39. Sandberg G. (1988). Effects of growth regulators on germination of Picea abies and Pinus sylvestris seeds. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3: 83-95.

40. Shun-Ying Chen, Shing-Rong Kuo, Ching-Te Chien Roles of gibberellins and abscisic acid in dormancy and germination of red bayberry (*Myrica rubra*) seeds. *Academic* веб сайт. URL: <https://academic.oup.com/treephys/article-abstract/28/9/1431/1623116?redirectedFrom=fulltext> (дата звернення: 06.11.2025).

41. Sivacioğlu, A, Ayan, S & Gülerol, B 2007, The effects of the some plant growth regulators on morphological traits of Scots pine seedlings, *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 7: 155-168.

42. Т.М. Evstoratieva, Yu.L. Zhrebina, A.F. Pozharitskiy, M.V. Reshetnik, O.A. Sirik, *Microelements accompanied by bioactive ligands as growth stimulators for plants, Microelements in the exchange of substances and productivity of plants* 88-89 (Naukova dumka, Kiev, 1984)

43. Т.В. Khurshkaynen, Е.М. Andreeva, S.K. Stetsenko, G.G. Terekhov, A.V. Kuchin, Influence of biopreparation Verva and VervaSpruce on the Scots pine seedlings growth *Chemistry of plant raw mater.* 1, 295–300 (2019)

44. The effect of different biological products applied with different doses and exposure time on the germination of Scots pine seeds. *Caspian Journal of Environmental Sciences.* *Cjes.guilan* веб сайт. URL: https://cjes.guilan.ac.ir/article_7471.html (дата звернення 05.11.2025).

45. The results of pre-sowing conifer seeds treatment by growth stimulators. *BIO Web of Conferences.* веб сайт. URL: https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2020/01/bioconf_fies2020_00130/bioconf_fies2020_00130.html (дата звернення: 06.11.2025).

46. The role of plant growth regulators in the germination of forest tree seeds. *Plant Growth Regulation.* *SpringerLink.* веб сайт. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00043950> (дата звернення: 06.11.2025).

47. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *SpringerLink*. веб сайт. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00033156> (дата звернення: 06.11.2025).

48. V.V. Nosnikov, A.P.Volkovich, V.A. Yarmolovich, *Efficiency of presowing treatment of pine and spruce seeds with emistim-c drug* Proc. of BSTU, Forestry 150–153 (2014)

49. Vincent, G 1965, Forest seed production. Prague, State Agricultural Publishing House, 329 p.

50. Zhao Guangwu, Jiang Xuwen Roles of Gibberellin and Auxin in Promoting Seed Germination and Seedling Vigor in *Pinus massoniana*. *Academic* веб сайт. URL: <https://academic.oup.com/forestscience/article-abstract/60/2/367/4583769?redirectedFrom=fulltext> (дата звернення: 06.11.2025).