

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
КАФЕДРА САДОВО-ПАРКОВОГО ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Підпис здобувача ВО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОС «МАГІСТР»

на тему: **Дослідження росту та розвитку *Pinus sylvestris* L. у лісових культурах в умовах лісостепової зони України**

Виконав: студент 2м курсу
спеціальності
205 «Лісове господарство»

(шифр і назва спеціальності)

Пилипець Іван Станіславович

(прізвище та ініціал студента)

Керівник доцент Ігнатенко В.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент доцент Захарченко Е.А.
(прізвище та ініціали)

Суми – 2024

АНОТАЦІЯ

Пилипець І.С. Дослідження росту та розвитку *Pinus sylvestris* L. у лісових культурах в умовах лісостепової зони України. Кваліфікаційна робота освітнього рівня – магістр, на правах рукопису. Спеціальність – 205 Лісове господарство. Суми, 2024.

Сосна звичайна є основною лісотвірною породою по всій території Сумської області, у тому числі на самих бідних і сухих ґрунтах та на перезволожених і заболочених землях. Створення перших соснових культур датується початком ХІХ століття. З кінця цього ж століття вивчають закономірності їх росту та формування. На сьогоднішній день цілком не визначені оптимальні режими вирощування цільових деревостанів сосни. Питання оптимізації режимів вирощування обумовлене потребою у визначених сортиментах, але із збереженням біорізноманіття, соціально-економічними та екологічними умовами.

Мета виконання кваліфікаційної роботи полягає у вивчити особливості створення та формування штучних насаджень сосни звичайної. Завданням передбачалося поетапний розгляд ряду питань, а саме: вивчення природно-кліматичних та умов району досліджень; аналіз науково-технічної літератури по темі досліджень; проведення маршрутного обстеження насаджень сосни, які ростуть на території Бічечківського лісництва Конотопського лісового господарства; дослідження особливостей ростових культури сосни звичайної створеної різними способами. Об'єктом досліджень стали лісові культури, які були створені навесні 2021 році висівом насіння та висадкою однорічних сіянців. Лісокультурна площа – нова незадернена вирубка, тип лісорослинних умов – свіжі груди. Для виконання програми застосовувалися методи лісівничо-таксаційні, порівняльної екології, збір, статистичний і логічний аналіз інформаційних матеріалів.

Зважаючи на зниження біологічної стійкості лісів, проблема розробки ефективних методів створення стійких та високопродуктивних лісових насаджень набуває особливої актуальності. Це дозволить досягти лісових культур, структура і видовий склад яких будуть максимально наближені до природних лісів. Для цього необхідно наблизити умови формування лісових культур до природного відновлення лісів, зокрема шляхом використання насіння місцевих популяцій деревних порід, таких як сосна звичайна.

В умовах свіжої суборі для створення лісових культур сосни звичайної з насінням оптимальними є стрічково-лункові посіви першого класу, при яких лунки розташовуються через 35–70 см в ряду, а в кожен лунку висівають 3–5 насінин. Це відповідає нормі висіву від 0,04 до 0,08 г/м.п. для маси 1000 шт насінин.

За результатами досліджень, кількість рослин, що збереглися після чотирьох вегетаційних періодів, в варіантах з мінімальними нормами висіву була майже такою ж, як і в варіанті з посадкою сіянців через 60 см у ряду. Це дає підстави рекомендувати використання мінімальних норм висіву в практичних умовах як найбільш доцільний варіант з точки зору лісівництва та економічної ефективності.

Ключові слова: *лісові культури, сосна звичайна, способи створення, площа живлення*

ABSTRACTS

Pylypets I.S. Study of growth and development of *Pinus sylvestris* L. in forest crops in the forest-steppe zone of Ukraine. Qualification work of educational level - master's degree, in the form of a manuscript. Specialty - 205 Forestry. Sumy, 2024.

Scots pine is the main forest-forming species throughout the Sumy region, including on the poorest and driest soils and on waterlogged and swampy lands. The creation of the first pine cultures dates back to the early 19th century. Since the end of the same century, the patterns of their growth and formation have been studied. To date, the optimal regimes for growing target pine stands have not been fully determined. The issue of optimization of growing regimes is due to the need for certain varieties, but with the preservation of biodiversity, socio-economic and environmental conditions.

The purpose of the qualification work is to study the peculiarities of creating and forming artificial plantations of Scots pine. The task was to consider a number of issues in a phased manner, namely: studying the natural and climatic conditions of the research area; analysis of scientific and technical literature on the research topic; conducting a route survey of pine plantations growing on the territory of the Bichechkiv forestry of the Konotop forestry; studying the features of the growth culture of scots pine created in different ways. The object of the research was forest

cultures created in the spring of 2021 by sowing seeds and planting annual seedlings. The forest-cultivated area is a new unharvested area, the type of forest-plant conditions is fresh breast. To implement the program, we used the methods of silvicultural taxation, comparative ecology, collection, statistical and logical analysis of information materials.

Given the decline in the biological sustainability of forests, the problem of developing effective methods for creating sustainable and highly productive forest plantations is becoming particularly relevant. This will help achieve forest crops whose structure and species composition will be as close as possible to natural forests. To do this, it is necessary to bring the conditions for the formation of forest crops closer to the natural regeneration of forests, in particular by using seeds of local populations of tree species, such as lodgepole pine.

Under fresh subsoil conditions, the best way to create forest crops of loblolly pine with seeds is to use first-class strip and hole sowing, in which the holes are located 35-70 cm apart, and 3-5 seeds are sown in each hole. This corresponds to a seeding rate of 0.04 to 0.08 g/m.p. for a mass of 1000 seeds.

According to the results of the research, the number of plants that survived after four growing seasons in the variants with minimum seeding rates was almost the same as in the variant with planting seedlings 60 cm apart. This gives grounds to recommend the use of minimum seeding rates in practical conditions as the most appropriate option in terms of forestry and economic efficiency.

Keywords: *forest crops, loblolly pine, methods of creation, feeding area*

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Дендро-екологічна характеристика сосни звичайної	9
1.2. Сучасні тенденції у відтворенні лісів	10
1.3. Переваги та недоліки різних технологій створення лісових культур	13
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
ВИСНОВКИ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	33
ДОДАТОК	35

ВСТУП

Актуальність роботи. Сосна звичайна є основною лісо твірною породою по всій території Сумської області, у тому числі на самих бідних і сухих ґрунтах та на перезволожених і заболочених землях. Завдяки високим технічним якостям деревина сосни має велике народно – господарське значення і практично не обмежений попит. Вона знаходить широке застосування у промисловості, будівництві та машинобудуванні, використовується для столярних та мебельних виробів. Сосна дає живицю, з якої виробляють скипидар і каніфоль. Тенденція збільшення попиту на пиломатеріали із сосни постійно збільшується. Соснові насадження мають значний лікувально-оздоровче, водоохоронне та рекреаційне значення. Тому вивчення досвіду створення лісових культур сосни звичайної на сучасному етапі розвитку лісового господарства Сумщини є надзвичайно важливим і необхідним.

Створення перших соснових культур датується початком ХІХ століття. З кінця цього ж століття вивчають закономірності їх росту та формування. На сьогоднішній день цілком не визначені оптимальні режими вирощування цільових деревостанів сосни. Питання оптимізації режимів вирощування обумовлене потребою у визначених сортиментах, але із збереженням біорізноманіття, соціально-економічними та екологічними умовами.

Мета виконання кваліфікаційної роботи полягає у вивчити особливості створення та формування штучних насаджень сосни звичайної.

Завданням передбачалося поетапний розгляд ряду питань, а саме: вивчення природно-кліматичних та умов району досліджень; аналіз науково-технічної літератури по темі досліджень; проведення маршрутного обстеження насаджень сосни, які ростуть на території Бічкінського лісництва Конотопського лісового господарства; дослідження особливостей ростових культури сосни звичайної створеної різними способами.

Об'єктом досліджень стали лісові культури, які були створені навесні 2021 році висівом насіння та висадкою однорічних сіянців. Лісокультурна площа – нова незадернена вирубка, тип лісорослинних умов – свіжі груди.

Методи дослідження. Для виконання програми застосовувалися методи лісівничо-таксаційні, порівняльної екології, збір, статистичний і логічний аналіз інформаційних матеріалів. Обробку даних проводили за допомогою комп'ютерного забезпечення за допомогою табличного процесора MS Excel.

Практичне значення досліджень. Отримані результати можуть бути використані в навчальному процесі підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 205 «Лісове господарство» під час вивчення таких дисциплін, як «Лісові культури», «Лісовідновлення та лісорозведення», «Лісові розсадники». А також мають важливе значення для практиків з лісовирощування.

Апробація результатів дослідження проводилася під час наукових семінарів, круглих столів, студентських наукових конференцій (додаток А).

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (52 найменувань) та 1 додаток. Загальний обсяг роботи – 39 сторінок комп'ютерного тексту, містить рисунки, таблиці та графіки.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Дендро-екологічна характеристика сосни звичайної

Сосна звичайна є однією з найпоширеніших деревних порід в Україні завдяки своїй великій екологічній амплітуді. Це пояснюється тим, що вона здатна рости в різноманітних лісорослинних умовах – від борових до суборових і сугрудових, а також у горах. Найвища якість деревини досягається, коли вона росте в суборах, які займають площу близько 1303 тис. га в Україні. Зростаючи в різних умовах ґрунту, сосна утворює особливі лісові насадження, які зазвичай вирізняються високою продуктивністю, стійкістю та довговічністю.

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) – це дерево першої величини, яке може мати висоту від 20 м до 45 м та досягати до 1 м в діаметрі. Крона у ранньому віці широко конічна, у старшому віці стає яйцевидної форми з заокругленою або плоскою вершиною, високо піднята. Кора молодих дерев сіра, потім стає буровато-червоною. Плодоносить сосна починає доволі рано. Сосна звичайна особливо швидко росте у висоту з 10 до 40 років. Сосна звичайна зимостійка, не боїться заморозків, світлолюбна, мало вибаглива до тепла і вологості ґрунту. Сосна має доволі пластичну кореневу систему, яка може змінюватися в залежності від едафічних умов. На глибоких свіжих піщаних ґрунтах вона розвиває міцний стрижневий корінь і досить багато вертикальних коренів до 1,5 м довжиною. Росте сосна переважно на ґрунтах легкого механічного складу, підзолистих, сірих, бурих, чорноземах, часто на торф'яно-болотних ґрунтах [5, 9, 13].

Сосна звичайна – швидкоростуча порода. При відсутності затінення найбільший приріст по висоті в сприятливих умовах зростання відмічається у віці 15-20 років. В гірших умовах – в 25-30 років. Річний приріст сосни у висоту

при сприятливих умовах може складати 0,8-1,0 м. Після 40-50 років 10 приріст по висоті починає зменшуватися, хоча і зберігається досить довгий період [5].

Приріст сосни по діаметру залежить від температури повітря та опадів у вегетаційному періоді. Під час зниження температури приріст різко знижується. У другій половині літа, коли запаси вологи в ґрунті значно зменшуються, ріст сосни по діаметру залежить від кількості опадів, що випадають. Впродовж довготривалих посух радіальний приріст припиняється, але вже після дощів може відновитися [11,17,18].

Характерною особливістю сосни звичайної є її достатньо висока стійкість до низької відносної вологості повітря. За даними досліджень Миронова В.В., сосна звичайна непогано переносить високу вологість повітря [24].

Сосна звичайна не вибаглива до ґрунтових умов. Вона може формувати деревостани на бідних, а також на сильно заболочених ґрунтах на відміну від інших хвойних та листяних порід. На піщаних та супіщаних ґрунтах, в межах ареалу інших деревних порід (береза, дуб, ялина, липа) конкурентні взаємовідносини формуються на користь сосни, яка здатна сформувати тут чисті чи мішані деревостани [4, 24].

1.2. Сучасні тенденції у відтворенні лісів

Згідно з чинними нормативними актами [28], лісовідновлення має на меті відновлення вирубаних, загиблих або пошкоджених лісових насаджень за допомогою природних, штучних або комбінованих методів. Штучне лісовідновлення застосовується, коли неможливо забезпечити природне відновлення лісу або коли комбінований метод є недоцільним для відновлення цінних з господарської точки зору деревних порід, а також на ділянках, де через різні причини загинули лісові культури [53]. Окрім лісовідновлення, в лісогосподарській практиці існує поняття лісорозведення, яке передбачає

заліснення нелісових земель, що є частиною лісового фонду, а також створення захисних лісових насаджень на землях сільськогосподарського призначення, промислових, транспортних, водних і інших категорій земель, а також лісовідновлення під час рекультивації земель, порушених промисловою діяльністю [6].

На сьогоднішній день, ентузіазм світової спільноти щодо посадки дерев набирає обертів задля досягнення численних амбітних цілей щодо відновлення лісового покриву для пом'якшення клімату [46, 46, 47] та інших екологічних послуг, таких як стабілізація ґрунту, захист вододілів та середовище існування дикої природи тощо [39, 52]. Ці ініціативи включають ініціативу Всесвітнього економічного форуму «Один трильйон дерев» (World Economic Forum's One Trillion Trees Initiative), Боннський виклик (Bonn Challenge) [50], Десятиліття Організації Об'єднаних Націй з відновлення екосистем [36] та нещодавно утворену Міжвідомчу організацію «Трильйон дерев США» (United States One Trillion Trees Interagency Council) [44].

Відновлення лісів може поглинути в середньому 6 метричних тон CO_2 на гектар щорічно [41], але окрім пом'якшення клімату, також потрібно враховувати інші переваги лісовідновлення такі як кругообіги речовин, евапотранспірація тощо [37]. Тому, важливість відновлення лісів важко переоцінити. Більшість дослідників єдині в думці про те, що штучні лісові насадження перевершують природні за продуктивністю [29, 26, 22] і збільшення частки штучного лісовідновлення та лісорозведення можна розглядати, як перспективний напрям підвищення продуктивності лісів [20, 17, 27].

До переваг штучного лісовідновлення порівняно з природним належать наступні [20]: швидший ріст молодих деревостанів; більші темпи накопичення деревини до певного віку; скорочення термінів вирощування насаджень на 10-20 років; відсутність конкуренції серед дерев до змикання крон і пізніше початок їх диференціації; слабша диференціація дерев завдяки зосередженню

більшої кількості дерев в центральних шарах товщини; запобігання небажаній зміні порід; можливість створення насаджень різного цільового призначення; поліпшення лісорослинних умов через обробку ґрунту; рівномірне розміщення дерев по площі; прискорення спрямованої селекції деревних порід; одночасне заселення всієї площі.

Додатково до зазначених переваг, штучне лісовідновлення і лісорозведення дають змогу створювати насадження в місцях, де раніше не росли відповідні дерева або де відсутні природні джерела насіння. Штучне лісорозведення також сприяє значному прискоренню рекультивації порушених земель і формуванню рекреаційно привабливих ландшафтів [6].

Штучні насадження можуть бути створені як шляхом посіву, так і посадкою. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки. Однак більшість дослідників відзначають, що культури, створені посадкою, мають вищі показники приживлюваності та збереження, швидше ростуть, мають меншу густоту і краще протидіють конкуренції з боку небажаних порід, підліску та живого покриву. Таким чином, посадка є більш ефективним методом з лісівничої точки зору [5, 17, 20, 27].

Вирощування штучних насаджень пов'язано зі значними труднощами. Зокрема, для штучного лісорозведення та (або) лісовідновлення методом посадки потрібен якісний районований посадковий матеріал, а, отже, необхідна наявність насінневої бази, створення лісових розплідників, що забезпечують можливість вирощування стандартного посадкового матеріалу. Крім того, необхідним є дотримання всього комплексу агротехнічних і лісівничих доглядів зі створення та вирощування лісових культур [2, 14].

Найчастіше посадковий матеріал вирощується в лісових розсадниках 2-3 роки, що викликає необхідність розробки технології вирощування з урахуванням регіональних природно-економічних умов, а також успішної боротьби не тільки з бур'янистою трав'янистою рослинністю, але і з шкідниками

і хворобами [31]. Накопичений лісівничий досвід показав, що при відновленні сосни звичайної основне місце повинні зайняти лісові культури. Однак деякі питання, пов'язані з її вирощуванням, такі, як підготовка піщаних ґрунтів, способи і змішування з іншими породами, густота та розміщення посадкових місць до теперішнього часу залишаються дискусійними.

1.3. Переваги та недоліки різних технологій створення лісових культур

На сьогодні в різних країнах використовується кілька альтернативних методів створення лісових культур, зокрема: прямий посів рослин [40], посадка саджанців із відкритою кореневою системою [49], а також саджанців із закритою кореневою системою, включаючи саджанці в біогорщиках (які можуть розкладатися) [51]. Переваги прямого посіву полягають у тому, що він дозволяє швидко засаджувати великі площі, має нижчі витрати завдяки посадці саджанців і забезпечує формування добре розвинутої кореневої системи в культурі [25].

Позитивним моментом посіву є й його наближеність до природних умов, що забезпечує більш високу стійкість таких насаджень. Також цей варіант створення лісових культур більш прийнятний і з економічної точки зору, оскільки таку роботу виконує один працівник, який використовує мотику або ручну сівалку, а посадка саджанців виконується двома працівниками. Крім того, вирощування одного саджанця обходиться значно дорожче вартості насіння [35]. Однак пряме висівання також має ряд потенційних недоліків, включаючи труднощі з отриманням великої кількості життєздатного насіння, браку інформації про оптимальні методи посіву [4, 15], мінливість початку та тривалості проростання насіння, хижацтво насіння та розсади комахами,

птахами та гризунами [1], а також конкуренцію з боку існуючої рослинності, зокрема трав та чагарників [35, 9].

Інша альтернативна технологія – це посадка саджанців з відкритою кореневою системою, які викопують, зберігають та відвантажують без середовища зростання (грунту), що оточує їх корінь. Саджанці з відкритою кореневою системою висаджувати легко і дешево, оскільки, у більшості випадків, такий посадковий матеріал добре адаптується до коливання польових показників [1, 29]. Ефективність штучного лісорозведення багато в чому залежить від якості посадкового матеріалу при створенні лісових культур. Останній, в свою чергу, залежить від розміру і співвідношення підземної та надземної частин сіянців і саджанців, а також маси фізіологічно активних коренів.

При створенні лісових культур сіянцями або саджанцями з відкритою кореневою системою розроблені спеціальні прийоми вирощування посадкового матеріалу, спрямовані на збільшення маси активних коренів [34], а також транспортування і зберігання викопаних сіянців і саджанців, що виключають їх пересихання. Для забезпечення якісним посадковим матеріалом в нашій країні була створена мережа тимчасових і постійних, в тому числі базисних, лісових розсадників, а також тепличні господарства.

Перевага вирощування посадкового матеріалу в теплицях полягає в тому, що тут легше створити оптимальні умови для проростання насіння і розвитку проростків. Теплиця дозволяє висаджувати насіння на місяць раніше, ніж в умовах відкритого ґрунту і отримати за один рік посадковий матеріал близький за розмірами до стандартних дворічним сіянцям [18].

Посадковий матеріал, вирощений в лісових розсадниках у відкритому ґрунті і в теплицях, мав ряд істотних недоліків. Сіянці або саджанці для створення лісових культур використовувалися з відкритою кореневою системою, що різко обмежувало терміни посадки. Затримка з посадкою могла

привести до пересихання верхніх горизонтів ґрунту і, як наслідок цього, до загибелі висаджених рослин або низьких показників приживлюваності. Крім того, при посадці, особливо в жарку вітряну погоду, кореневі системи сіянців (саджанців) пересихали, що призводило до їх загибелі. Іншими словами, головним недоліком посадкового матеріалу з відкритою кореневою системою був обмежений період термінів створення лісових культур, що в значній мірі залежить від умов погоди.

При великих обсягах штучного лісорозведення або лісовідновлення, навіть при здійсненні механізованої посадки, виникали величезні складності в посадці в оптимальні терміни [6]. Зазначені обставини викликали необхідність пошуку шляхів мінімізації недоліків, зазначених для посадкового матеріалу з відкритою кореневою системою.

В середині 1960-х років була почата розробка технології отримання посадкового матеріалу із закритою кореневою системою (ЗКС). В результаті стали вирощувати посадковий матеріал із закритою кореневою системою. Зазначений посадковий матеріал являв собою сіянці або саджанці, кореневі системи яких знаходяться всередині субстрату, що їх закривав. Природно, що посадковий матеріал із закритою кореневою системою мав ряд істотних переваг в порівнянні з матеріалом з відкритою кореневою системою. Зокрема, він характеризувався вищою посухостійкістю. Запас води в комі субстрату збільшував період його утримання без поливу при зберіганні і транспортуванні.

Особливо слід відзначити, що теоретично висаджений на лісокультурних площах посадковий матеріал із закритою кореневою системою міг більш тривалий термін переносити період без атмосферного зволоження. Зазначені обставини пояснюють підвищену увагу до розробки технологій вирощування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою [11, 8].

Використання посадкового матеріалу із закритою кореневою системою має ряд інших суттєвих переваг перед звичайними сіянцями і саджанцями.

Зокрема, сіянці із закритою кореневою системою краще приживаються в несприятливих лісорослинних умовах, добре переносять транспортування на великі відстані, а головне дозволяють значно продовжити лісокультурний сезон. Крім того, до переваг посадкового матеріалу із закритою кореневою системою можна віднести: більш короткий період вирощування крупномірного посадкового матеріалу і кращу приживлюваність деяких порід, зокрема, сосни звичайної. Останнє дозволяє забезпечити успішне створення лісових культур навіть у важких лісорослинних умовах, включаючи кам'яністі відвали, кар'єри та інші порушені землі.

Висока приживлюваність лісових культур дозволяє скоротити кількість посадкових місць на одиниці лісокультурної площі і тим самим більш ефективно використовувати селекційне насіння [6]. Відновлення лісів та відновлення земель шляхом пересадки розсади в контейнерах є більш рівномірним, створені лісові культури уникають ранніх екологічних/біологічних стресів і можуть досягати більш ранньої стиглості, ніж рослини з відкритою кореневою системою або вирощені із насіння [14]. Особливо слід відзначити, що мінімальна післяпосадкова депресія забезпечує швидке зростання лісових культур, що дозволяє скоротити кількість агротехнічних доглядів. Не випадково використання посадкового матеріалу із закритою кореневою системою в останні роки знаходить все більше застосування в лісокультурній практиці, як в нашій країні, так і за її межами [16, 11, 3].

Використання, так званих, «контейнерних саджанців» (саджанців із ЗКС) у Європейських країнах, зокрема, у Фінляндії, відкрило можливість до значного скорочення витрат на посадку та продовження тривалості сезону посадки. Однак, впровадження цієї технології посадки також на початку мало низку проблем. Зокрема, серйозна деформація коренів, що мала місце серед деяких саджанців сосни звичайної (*Pinus sylvestris*) та сосни скрученої (*Pinus contorta*) [50], призводила до глибоких порушень в рості та зменшення стабільності

насаджень [51]. Тому були докладені значні зусилля для вдосконалення конструкції контейнерів, щоб уникнути деформації коренів. Були випробувані різні дизайнерські рішення контейнерів, що включали використання контейнерів зі схилами для направлення коренів вниз і контейнерів, які або відкриті для повітря, або оброблені міддю, щоб знищити верхівки коренів, коли вони досягають краю контейнера [40].

Саджанці у контейнерах займають значну частку ринку в країнах Північної Європи, але саджанці з відкритою кореневою системою мають деякі переваги, найголовніше, вони крупніші і більш толерантні до пошкодження сосновим довгоносіком (*Hylobius abietis*) [43]. Тому саджанці з відкритою кореневою системою все ще часто використовуються, особливо в південних районах Північних країн на родючих, багатих рослинністю ділянках з високим ризиком пошкодження сосновим довгоносіком та іншими шкідниками. Однак, у порівнянні з саджанцями з ЗКС, саджанцям з відкритою кореневою системою потрібно більше часу, щоб встановити добрий контакт між корінням і ґрунтом, і таким чином розпочати поглинання води. Тому, приріст у висоту у перший та другий рік після посадки найчастіше є більшим для саджанців із ЗКС, ніж для саджанців з ВКС. Проте, було виявлено, що ця різниця у висоті нівелюється через 3–5 років після посадки [53].

Іншим можливим варіантом зниження витрат на розсаду та посадку, який був випробуваний у Фінляндії, Швеції та Канаді, є використання дуже маленьких міні-саджанців віком 7–10 тижнів [50]. Спочатку в цих випробуваннях використовували саджанці сосни звичайної, але саджанці ялини норвезької також були включені до наступних польових випробувань [50]. Йоханссон та ін. (2007) [48] дійшли висновку, що міні-саджанці ростуть так само, або навіть краще, ніж більші саджанці, якщо вони успішно укорінені, але вони більш чутливі до середовища їх посадки та заходів догляду.

Інші дослідники [42] виявили, що міні-сіянці менше пошкоджуються сосновими довгоносиками, ніж звичайні однорічні саджанці, можливо, тому, що міні-саджанці виділяють лимонен, який, як відомо, відлякує соснових довгоносиків. В цілому ж можна відзначити, що значна кількість публікацій відображає позитивну роль використання посадкового матеріалу із закритою кореневою системою в вирощуванні високопродуктивних стійких насаджень [16, 11, 3]. Однак виробництво та посадка, особливо при транспортуванні саджанців, є дорожчими та більш складними. Внаслідок цього в нашій країні ця технологія так і не знайшла широкого застосування.

Проте за кордоном технологія вирощування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою успішно застосовується останні 40 років. Так, в Європі і США зараз близько 90% всіх саджанців висаджуються із закритою кореневою системою [51]. Дослідження зарубіжних учених показали [16], що в ряді випадків вирощування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою економічно більш вигідно, ніж вирощування його у відкритому ґрунті за умови реалізації з відкритою кореневою системою. Оскільки собівартість посадкового матеріалу залежить від обсягу виробництва на підприємстві та лісорослинної зони. Так, в південних районах США вирощування посадкового матеріалу в контейнерах стає більш вигідним, ніж у відкритому ґрунті при обсязі виробництва 2-6 млн. сіянців в рік. Отже, вибір системи посадки залежить від мети посадки, вартості заходу, продуктивності створених культур та господарської цінності деревостану.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

В Україні лісовідновлення здебільшого здійснюється шляхом посадки саджанців, які вирощуються з насіння. У деяких випадках, наприклад, при створенні насаджень із дуба звичайного, практикується безпосередній посів насіння [2, 4, 5].

З огляду на зростаючу увагу світової спільноти до екологічної значущості лісів, розробка ефективних технологій для створення стійких та високопродуктивних лісових насаджень набуває особливого значення. Такі насадження повинні за своєю структурою та породним складом бути наближеними до природних лісів. Це можна досягти, наблизивши умови створення штучних насаджень до природних умов лісовідновлення, зокрема через застосування методу сівби насіння. Особливо актуально це питання для сосни звичайної, яка є однією з найпоширеніших лісотвірних порід в Україні.

Метою проведених досліджень було оцінити ефективність різних методів посіву та посадки сіянців у свіжих суборах Бочечківського лісництва Конотопського лісового господарства. Подібні дослідження проводилися в кінці 1940-х – на початку 1950-х років, але висновки, отримані різними авторами, виявилися суперечливими [1, 3].

Об'єктом досліджень стали лісові культури, які були створені навесні 2021 році висівом насіння та висадкою однорічних сіянців. Лісокультурна площа – нова незадернена вирубка, тип лісорослинних умов – свіжі груди.

Обробіток ґрунту для створення лісових культур полягав у нарізанні борозен, з відстанню між центрами борозен 2,2 м. Для формування культур були застосовані різні методи посіву та посадки, зокрема: ручний рядовий посів у борозенки з нормою висіву 2 г та 1 г насіння на 1 м.п.; ручний стрічково-лунковий посів (по 4 насінини в кожен лунку) з лунками через 10, 35 та 70 см; а

також ручна посадка однорічних саджанців насіннєвого походження через 10 см та 60 см у ряду. Для посіву використовувалося насіння першого класу місцевої популяції сосни звичайної, масою 1000 насінин $6,9 \pm 0,06$ г. Однорічні стандартні саджанці також були вирощені з місцевого насіння. Насіння зашпаровувалося в ґрунт за допомогою мотик на глибину 1,0-1,5 см.

Протягом першого вегетаційного періоду за створеними насадженнями проводився один ручний догляд за ґрунтом у рядах, а також одноразове скошування трав'яної та небажаної деревної рослинності за допомогою кушоріза у міжряддях. На другий рік догляд полягав у дворазовому скошуванні трав'яної та деревної рослинності.

Для оцінки збереження культур була визначена початкова густина насаджень: у випадку з висадкою саджанців – фактична кількість висаджених рослин на 1 га, а у випадку з посівом насіння – кількість насіння, висіяного на одиницю площі. Для визначення збереженості та лінійних розмірів рослин проводили суцільний перелік усіх рослин на ділянці та вимірювали їх висоту.

Такий підхід дозволяє оцінити ефективність різних методів створення лісових культур і надає можливість порівняти вплив різних норм висіву та способів посадки на збереженість і розвиток рослин у перші роки росту. Зокрема, варіанти з меншими нормами висіву та більшою відстанню між рослинами можуть забезпечити кращі умови для росту та розвитку рослин, зменшуючи конкуренцію за ресурси, що позитивно впливає на їх життєздатність.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході спостережень за розвитком сходів сосни в перший вегетаційний період було відзначено, що на всіх варіантах експерименту посіви зійшли рясно. Різниця в кількості рослин між варіантами була незначною, що вказує на подібність умов для проростання насіння. Така рівномірність результатів могла бути зумовлена однаковими властивостями ґрунту, схожими кліматичними умовами та високою якістю використаного насінневого матеріалу.

Подальші дослідження, проведені після завершення другого, третього та четвертого вегетаційних періодів, показали суттєві відмінності між варіантами експерименту за густотою насаджень та лінійними розмірами рослин. Такі відмінності могли бути викликані різними факторами, зокрема, впливом специфічних агротехнічних заходів, відмінностями у конкуренції між рослинами, умовами освітлення, зволоження або якістю догляду за культурами.

Аналіз цих змін дозволяє зробити висновки про те, які фактори мають найбільший вплив на густоту та зростання соснових насаджень. Зокрема, отримані дані можуть бути використані для вдосконалення методик створення та догляду за культурами, спрямованих на підвищення їхньої стійкості та продуктивності.

Результати дослідження наведені в таблиці 3.1.

Аналіз отриманих даних свідчить, що найбільша кількість сіянців сосни звичайної після завершення вегетаційних періодів 2022, 2023 і 2024 років (відповідно: 57,73; 52,27 і 37,71 тисячі штук на гектар) була зафіксована на варіанті із нормою висіву 2 г насіння на погонний метр, тобто при використанні максимальної кількості насіння. Найменша кількість сіянців (5,84; 5,80 і 5,34 тисячі штук на гектар відповідно) спостерігалася при висіві мінімальної кількості насіння – 0,04 г на погонний метр. Інші варіанти висіву забезпечували

проміжні результати. При цьому була виявлена пряма залежність між нормою висіву насіння та кількістю вирощених сіянців.

Таблиця 3.1

Приживлюваність та збереженість культур сосни звичайної залежно від виду садіння та кількості садивного матеріалу

Варіант створення лісових культур	2022		2022		2023		2024	
	Початкова густота тис.шт.·га ⁻¹	тис. шт ⁻¹ , га	%	тис. шт ⁻¹ , га	%	тис. шт ⁻¹ , га	%	
Сівба насінням, 2 г/м.п.	1272,73	57,73	4,5	52,27	4,1	37,71	3,0	
Сівба насінням, 1 г/м.п.	636,36	38,41	6,0	34,77	5,5	21,25	3,3	
Сівба насінням, через 10 см (0,28 г/м.п.)	181,82	13,18	7,3	10,91	6,0	10,15	5,6	
Сівба насінням, через 35 см (0,08 г/м.п.)	51,95	7,55	14,5	7,45	14,3	7,24	13,9	
Сівба насінням, через 70 см (0,04 г/м.п.)	25,97	5,84	22,5	5,80	22,3	5,34	20,6	
Висадка саджанців через 10 см	45,45	20,34	44,8	20,00	44,0	17,81	39,2	
Висадка саджанців через 60 см	7,58	5,93	78,2	5,73	75,5	5,21	68,7	

Водночас зі збільшенням норми висіву спостерігалось зниження відсотка збереження рослин: від 22,5%; 22,3% і 20,6% у 2022, 2023 і 2024 роках відповідно при висіві 0,04 г на 1 погонний метр до 4,5%; 4,1% і 3,0% при нормі висіву 2,0 г на 1 погонний метр.

Дослідження показали, що кількість рослин після третього та четвертого вегетаційних періодів, навіть за мінімальної норми висіву, була майже ідентичною кількості саджанців у контрольному виробничому варіанті (висадка однорічних саджанців з інтервалом 60 см у ряду). Це свідчить про доцільність

використання мінімальної з випробуваних норм висіву насіння сосни звичайної, яка є найбільш економічно вигідною для виробничих умов (рис. 3.1).

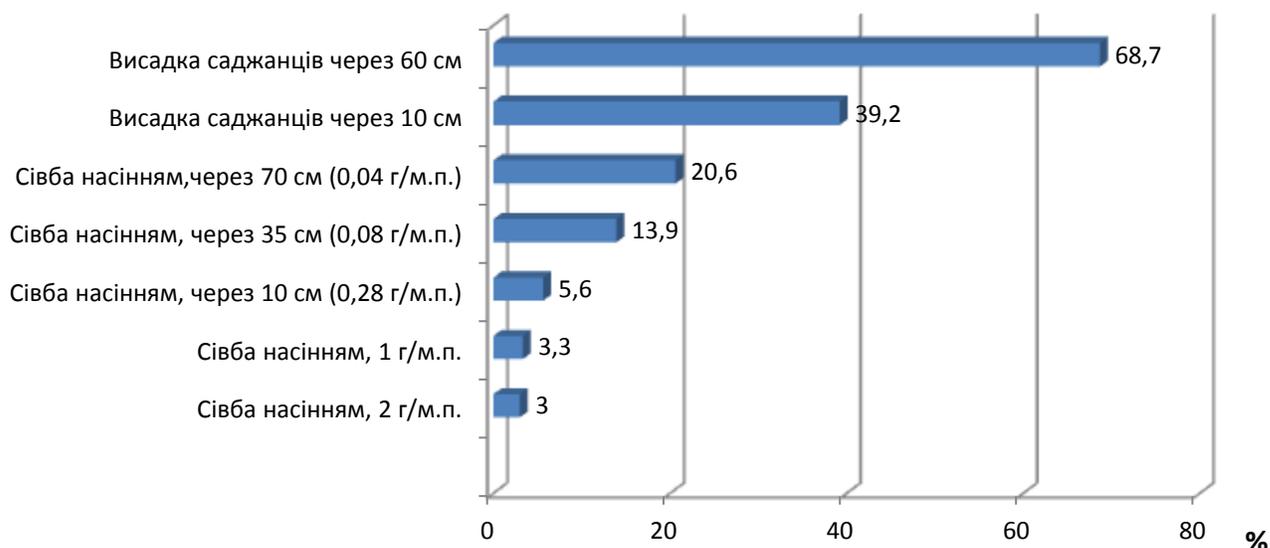


Рис. 3.1. Збереженість культур сосни звичайної створених різними способами

Аналізуючи вплив густоти посадки сіянців на їхню виживаність, можна дійти висновку, що щільність насаджень істотно впливає на збереження рослин. У варіанті з найвищою щільністю насаджень до кінця четвертого вегетаційного періоду вижило лише 39,2% рослин (17,8 тисяч штук на гектар). Натомість у виробничому варіанті, де густина посадки була значно нижчою, рівень збереженості становив 68,7% (5,2 тисячі штук на гектар). Це свідчить про те, що надмірна густина посадки створює конкуренцію між рослинами за ресурси, такі як світло, вода та поживні речовини, що негативно впливає на їхню виживаність.

Висота саджанців є одним із ключових показників їхньої життєздатності та енергії росту. Результати дослідження, наведені в таблиці 2, показали, що висота саджанців після четвертого вегетаційного періоду значно варіювалася залежно від норми висіву насіння. У культурах, створених за максимальної

норми висіву, висота саджанців була найменшою — $56,3 \pm 3,50$ см, що може бути наслідком підвищеної конкуренції за світло, вологу та поживні речовини. Натомість за висіву 3-4 насіння на лунку через 0,35 м висота саджанців досягла максимального значення — $62,8 \pm 3,90$ см. Це вказує на оптимальне співвідношення густоти насаджень і доступності ресурсів, що забезпечує кращі умови для росту рослин.

Таким чином, результати дослідження демонструють, що правильний підбір норми висіву є важливим фактором для забезпечення як високої збереженості, так і оптимальних показників росту саджанців. Це має велике значення для ефективного створення соснових насаджень і раціонального використання ресурсів.

Таблиця 2

Висота лісових культур сосни звичайної залежно від густоти садіння

Варіант створення лісових культур	Роки спостереження					
	2022		2023		2024	
	Висота, см	<i>t</i>	Висота, см	<i>t</i>	Висота, см	<i>t</i>
Сівба насінням, 2 г/м.п.	$6,7 \pm 0,21$	4,58	$27,3 \pm 0,68$	5,7	$56,3 \pm 3,50$	-12,6
Сівба насінням, 1 г/м.п.	$9,1 \pm 0,39$	-2,23	$32,8 \pm 0,98$	-0,12	$53,2 \pm 5,10$	-9,94
Сівба насінням, через 10 см (0,28 г/м.п.)	$8,4 \pm 0,76$	-0,40	$33,9 \pm 1,89$	-0,61	$55,7 \pm 9,46$	5,11
Сівба насінням, через 35 см (0,08 г/м.п.)	$8,3 \pm 0,25$	-0,77	$32,0 \pm 0,72$	0,67	$62,8 \pm 3,90$	5,36
Сівба насінням, через 70 см (0,04 г/м.п.)	$8,1 \pm 0,21$	-	$32,6 \pm 0,65$	-	$76,4 \pm 5,37$	5,42
Висадка саджанців через 10 см	$23,6 \pm 0,57$	0,51	$51,8 \pm 1,08$	-3,95	$89,7 \pm 4,74$	2,11
Висадка саджанців через 60 см	$23,0 \pm 0,66$		$57,7 \pm 1,02$	-	$91,8 \pm 8,26$	-

Схожі середні показники висоти рослин ($76,4 \pm 5,37$ см) спостерігалися у варіанті з висівом насіння через 0,7 м, що свідчить про значний вплив площі живлення на ріст і розвиток сіянців сосни звичайної. Більша відстань між рослинами сприяє кращому забезпеченню їх ресурсами, що позитивно позначається на їхньому розвитку.

Два варіанти культур, створені шляхом висаджування сіянців, після другого вегетаційного періоду показали майже однакові результати за показниками висоти. Однак уже через рік варіант із висаджуванням сіянців через 60 см у ряді, тобто з більшою площею живлення, продемонстрував вищу продуктивність на 11,4% ($t = 3,96$). До кінця четвертого року вирощування різниця у висоті між цими варіантами збільшилася до 20 см ($t = 2,11$), що підкреслює довготривалий позитивний ефект оптимальної площі живлення на ріст рослин.

Загалом, збільшення норми висіву насіння сприяє утворенню більшої кількості сходів сосни, проте це супроводжується зниженням збереженості рослин і зменшенням їхніх лінійних розмірів. Такий ефект пояснюється погіршенням умов для зростання внаслідок підвищеної конкуренції за ресурси в густих посівах. У більш рідкісних варіантах посадки, завдяки збільшеній площі живлення, спостерігалися кращі показники виживаності та висоти рослин. Зокрема, у варіанті з висаджуванням сіянців через 60 см у ряді, рівень збереженості та висота рослин були значно вищими порівняно з варіантом посадки через 10 см.

Таким чином, оптимізація площі живлення є ключовим фактором для досягнення високої продуктивності соснових насаджень. Більша відстань між рослинами забезпечує їхні потреби у світлі, воді та поживних речовинах, що сприяє збереженості та покращенню параметрів росту. Це підкреслює важливість раціонального підходу до визначення норми висіву та схеми посадки для створення ефективних лісових культур.

За результатами останніх досліджень, варіанти, у яких використовувалися сіянці, значно перевищують усі варіанти з висівом насіння за розмірами та інтенсивністю росту. Найкращі показники висоти та найшвидший темп росту продемонстрували рослини, вирощені з саджанців, висаджених із інтервалом 0,6 м. Цей варіант забезпечив оптимальні умови для розвитку завдяки достатній площі живлення та відсутності надмірної конкуренції.

До цього рівня наблизилися культури, створені шляхом висіву 3-4 насінин через 0,35 м та 0,70 м. Ці варіанти також продемонстрували хороші темпи росту і порівняно великі розміри рослин. У свою чергу, варіант з висівом насіння через 10 см у лунки мав дещо менші показники висоти, хоча приріст за 2024 рік був практично однаковим із попередніми варіантами, що свідчить про можливість часткової компенсації початкового відставання за сприятливих умов.

Натомість культури, створені шляхом висіву більшої кількості насіння (1 і 2 г на погонний метр), значно відставали за темпами росту. Рослини в цих варіантах мали значно менші розміри, що можна пояснити надмірною густотою посівів, яка призводить до конкуренції за світло, воду та поживні речовини. Аналіз інтенсивності приросту у висоту свідчить, що ця різниця з часом лише збільшуватиметься, що робить такі варіанти малоефективними для створення продуктивних лісових культур.

Таким чином, результати дослідження вказують на високу ефективність використання сіянців, особливо за схеми посадки через 0,6 м. Для посіву насіння оптимальними є схеми з помірною густотою, такі як 3-4 насінини на лунку через 0,35 або 0,70 м, які забезпечують достатню площу живлення і сприятливі умови для росту. Варіанти з високою нормою висіву, навпаки, є недоцільними через значне відставання у розвитку рослин та ризик подальшого збільшення цієї різниці, що знижує їхню практичну цінність у створенні продуктивних лісових насаджень (рис. 3.2).

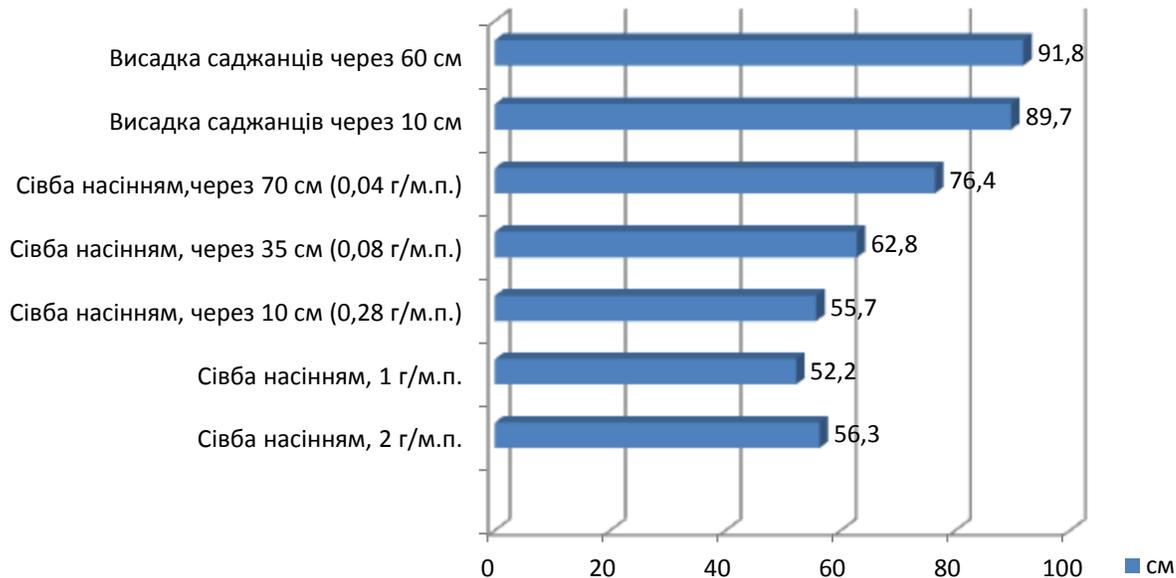


Рис. 3.2. Висота культур сосни звичайної за різних способів створення

З лісівничої та економічної точок зору, одним із найефективніших способів створення лісових культур сосни звичайної в досліджуваних умовах є метод посіву в лунки з 3-4 насінням через 0,7 м. Цей варіант поєднує високу ефективність щодо збереження рослин та оптимальні умови для їх росту, оскільки забезпечує достатню площу живлення для кожної рослини. Однак єдиним недоліком цього методу є середня висота рослин, яка на рік відстає від висоти рослин, вирощених шляхом садіння сіянців. Відмінність у висоті між цими варіантами становила 15,4 см на момент завершення досліджень, що можна пояснити різницею в їх віці – посіви зійшли на рік пізніше, ніж саджанці.

Порівняльний аналіз збереженості рослин і висоти культур сосни звичайної, вирощених шляхом сівби насіння та садіння сіянців, показав важливі відмінності. Середні значення за різними варіантами дослідження свідчать про те, що в перші три вегетаційні періоди рослини, вирощені з насіння, відстають за висотою від саджанців, але виявляються достатньо конкурентоспроможними

щодо збереженості. У середньому висота рослин, вирощених з насіння, була на 30,1 см менша, ніж у рослин, отриманих із саджанців. Ця різниця відповідає одному річному приросту культур, що свідчить про швидкість розвитку посадок при використанні саджанців.

Що стосується збереженості рослин, то різниця між варіантами сіяних і висаджених культур становила 44,6%, що вказує на значно вищий рівень збереженості у варіантах із саджанням сіянців. Це можна пояснити тим, що саджанці є більш стійкими до стресових умов, таких як посушливі періоди або несприятливі погодні умови, ніж молоді рослини, що зійшли з насіння (рис. 3.3–3.4).

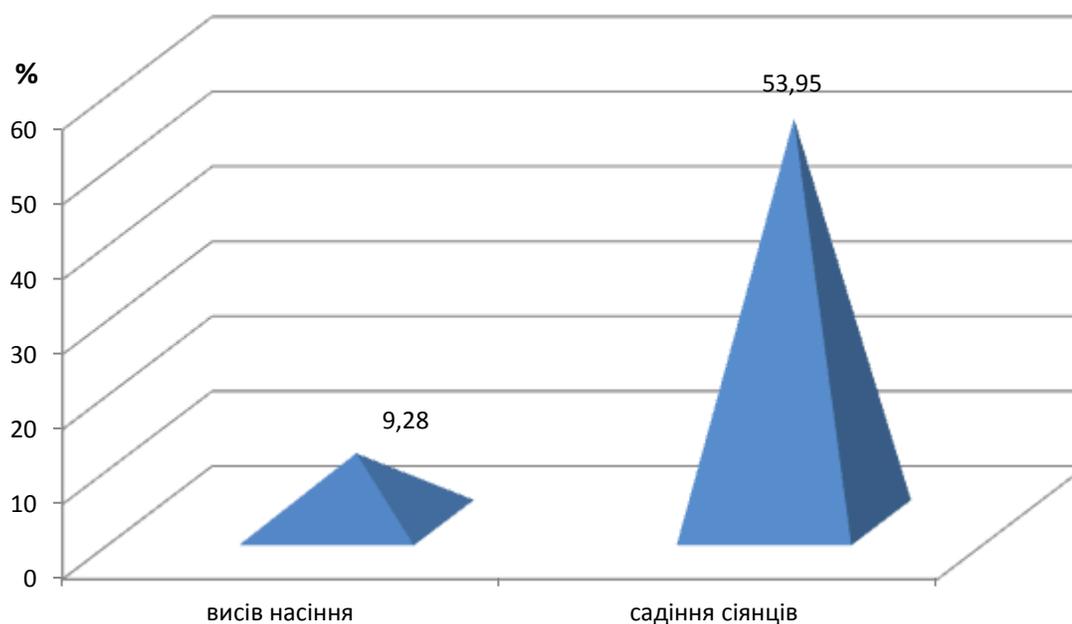


Рис. 3.3. Середня приживлюваність рослин сосни звичайної за різних способів створення культур, %

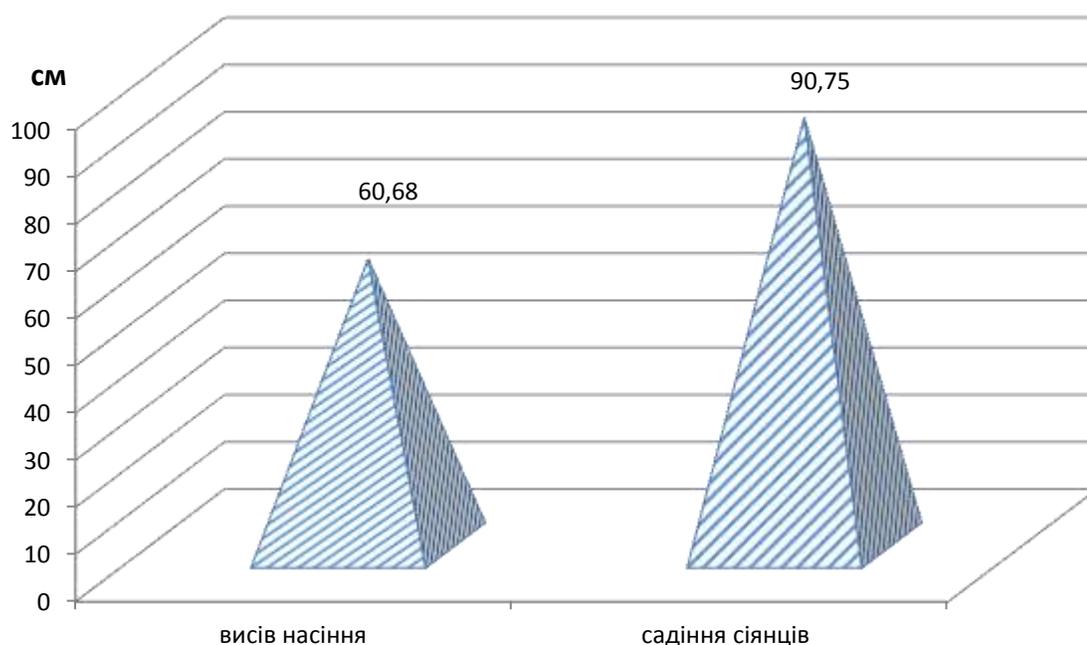


Рис. 3.4. Середня висота культур сосни звичайної за різних способів створення, %

Враховуючи ці результати, можна зробити висновок, що метод посіву насіння в лунки з 3-4 насінням через 0,7 м є економічно вигідним і лісівничо доцільним для створення лісових культур сосни звичайної, оскільки він забезпечує хорошу збереженість рослин та значну площу для їх розвитку. Однак для досягнення кращих темпів росту та висоти рослин варто розглядати садіння сіянців, особливо в умовах, де важливо забезпечити високі темпи зростання на перших етапах розвитку.

Загальний стан культур сосни звичайної, створених сіянням насіння та садінням сіянців, в умовах досліджуваного господарства представлено на рис. 3.5.



Рис. 3.5. Лісові культури сосни звичайної, створені сіянням насіння (ліворуч) та садінням однорічних сіянців (праворуч)

Позитивним аспектом посіву насіння є його близькість до природних умов, що забезпечує високу стійкість таких насаджень до різних факторів зовнішнього середовища. Це дозволяє рослинам краще адаптуватися до умов росту і знижує ризик їхнього загибелі від несприятливих факторів. Зокрема, на досліджуваних культурах було помічено явище усихання рослин, викликане впливом опенька. Водночас більшість випадків усихання спостерігалася серед рослин, вирощених з саджанців, що може вказувати на більшу вразливість таких рослин до хвороб або стресових умов порівняно з тими, що вирости з насіння. Це підтверджує важливість вибору методу створення лісових культур в залежності від конкретних екологічних та економічних умов.

З економічної точки зору, метод посіву насіння є більш вигідним, оскільки він вимагає меншого людського ресурсу. Для виконання такої роботи достатньо одного працівника, який може використовувати мотику або ручну сівалку, що значно спрощує процес і знижує витрати. У той же час, посадка саджанців потребує залучення двох працівників, що вже збільшує витрати на робочу силу. Крім того, ціна вирощування одного саджанця є значно вищою порівняно з

витратами на посів 3-4 насінин, що робить посів економічно вигіднішим варіантом для створення лісових культур.

Такий підхід дозволяє значно скоротити витрати на створення лісових культур, особливо в умовах, коли важливе економічне обґрунтування кожного етапу лісовідновлення. Крім того, використання посіву насіння дозволяє отримати більш природні й стійкі насадження, що важливо для забезпечення довгострокового розвитку лісів. Таким чином, хоча посадка саджанців дає швидший результат за висотою рослин, метод посіву має свої переваги з точки зору стійкості насаджень та економічної ефективності, що робить його оптимальним для певних умов і завдань лісівництва.

ВИСНОВКИ

Зважаючи на зниження біологічної стійкості лісів, проблема розробки ефективних методів створення стійких та високопродуктивних лісових насаджень набуває особливої актуальності. Це дозволить досягти лісових культур, структура і видовий склад яких будуть максимально наближені до природних лісів. Для цього необхідно наблизити умови формування лісових культур до природного відновлення лісів, зокрема шляхом використання насіння місцевих популяцій деревних порід, таких як сосна звичайна.

В умовах свіжої суборі для створення лісових культур сосни звичайної з насінням оптимальними є стрічково-лункові посіви першого класу, при яких лунки розташовуються через 35–70 см в ряду, а в кожен лунку висівають 3–5 насінин. Це відповідає нормі висіву від 0,04 до 0,08 г/м.п. для маси 1000 шт насінин.

За результатами досліджень, кількість рослин, що збереглися після чотирьох вегетаційних періодів, в варіантах з мінімальними нормами висіву була майже такою ж, як і в варіанті з посадкою сіянців через 60 см у ряду. Це дає підстави рекомендувати використання мінімальних норм висіву в практичних умовах як найбільш доцільний варіант з точки зору лісівництва та економічної ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ведмідь М.М. Оцінка лісорослинного потенціалу земель: Методичний посібник. Київ: ЕКО-інформ, 2010. 84 с.
2. Биков М.К., Матвеев М.С. Лісові культури. Результати наукових досліджень по лісових культурах у Боярському дослідному лісгоспі. К.: Вид-во УАСГН, 1960. С. 104 – 112.
3. Ведмідь М.М., Лялін О.І. Приживлюваність і ріст культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із закритою кореневою системою. Лісівництво і агролісомеліорація: Зб. наук. пр. Харків: УкрНДІЛГА, 2009. Вип. 116. С. 146-152.
4. Гордієнко М. І., Гузь М. М., Дебринюк Ю. М., Маурер В. М Лісові культури. Львів: Камула, 2005. 608 с.
5. Гром М.М. Лісова таксація: підруч. для студ. вищ. навч. закл. Львів: УкрДЛТУ, 2005. 352 с.
6. Гузь М. М. Жмурко С. В., Жмурко. Географічні культури сосни
7. звичайної Ростанського лісництва ДП «Швацьке УДЛГ».Наук. конф., присвяч. 85-річчю з дня народж.: тези. Х: ХНАУ, 2007. С. 55–57.
8. Дебринюк Ю. М., М'якуш І. І. Лісові культури рівнинної частини західного регіону України. Львів: Світ, 1993. 294 с.
9. ДП «Овруцький спецлісгосп». Офіційна сторінка. URL: <https://ovruchslg.com.ua/golovna.html>
10. Жмурко І. В. Біоекологічні особливості екотипів сосни звичайної в географічних культурах Західного Полісся України: автореф. дис. На здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 «Лісові культури, селекція, насінництво». Львів, 2009. 16 с.
11. Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів / Затверджено наказом Державного комітету

- лісового господарства України 19.08.2010 р., № 260. К.: Держкомлісгосп України, 2010. 74 с.
12. Ковалевський С. Б. Вміст елементів мінерального живлення у ґрунті соснових культур за умови розростання трав'яного покриву // Наук. вісн. НАУ. Лісівництво. Київ: 2004. Вип. 70. С. 150-159.
 13. Копій Л.І., Каганяк Ю.Й., Михайленко М.М. Структура деревостанів свіжого соснового бору Західного Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: 2009. Вип. 19 (7). С. 7–14.
 14. Логгінов Б.Й., Юр М.В. Відновлення соснових насаджень сівбою та насінням на площадках (гніздами). Результати наукових досліджень по лісових культурах у Боярському дослідному лісгоспі. К.: Вид-во УАСГН, 1960. С. 113 – 134.
 15. Лісотаксаційний довідник /Гірс О.А., Маніта О.Г., Миронюк В.В. та ін. К.: Видавничий дім «Вініченко», 2013. 496 с.
 16. Остапчук О. С., Олексійченко Н. О., Соваков О. В. Вплив методу створення культур на ріст і розвиток дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. : Лісівництво та декоративне садівництво. 2013. Вип. 187(3). С. 277-283.
 17. Самодай В. П. Вплив походження насіння сосни звичайної і дуба звичайного на ріст потомств у географічних культурах у Сумській області: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 «Лісові культури та фітомеліорація». Харків: 2009. – 19 с.
 18. Свириденко В. Є., Бабіч О. Г., Киричок Л. С. Лісівництво: підручник. Київ: Арістей, 2005. 543 с.
 19. Ткачук В.І. Проблеми вирощування сосни звичайної на Правобережному Поліссі. Житомир: Полісся, 2004. 464 с.

20. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Пилипенко І. О., Ониськів М. І. Особливості росту географічних культур сосни звичайної у Боярській ЛДС. Науковий вісник НАУ: Лісівництво. Київ, 2003. Вип. 63. С. 77–81.
21. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Кайдик В. Ю., Рябухін О. Ю. Особливості створення лісових культур сосни звичайної у свіжих суборах Київського Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2012. Вип. 22.13. С. 9-13.
22. Цибулько В. А. Підвищення продуктивності соснових лісів Київського Полісся шляхом створення лісових культур на основі генетично покращеного насіння: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 «Лісові культури та фітомеліорація». Харків, 2004. 19 с-5.
23. Шкудор В. Д. Підвищення стійкості і збереження рослинного біорізноманіття соснових лісів Західного Полісся України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.03.03. Укр. НДІ ліс. госп-ва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. Х., 2006. 18 с.
24. Юрченко М.М. Дрюченко М.М. Ріст і продуктивність культур сосни в сухих борах Нижньодніпров'я. Агролісомеліорація: Наукові праці. 1960. Вип. XXII. С. 3–11.
25. Aronson J., Goodwin N., Orlando L., Eisenberg C., Cross A. T.. A world of possibilities: six restoration strategies to support the United Nation's Decade on Ecosystem Restoration. *Restor. Ecol.* 2020. 28, 730–736. doi: 10.1111/rec.13170
26. Bala, G., Caldeira, K., Wickett, M., Phillips, T. J., Lobell, D. B., Delire, C., et al. (2007). Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104, 6550–6555. doi: 10.1073/pnas.0608998104
27. Bastin, J.-F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., et al. (2019). The global tree restoration potential. *Science* 365, 76–79. doi: 10.1126/science.aax0848

28. Bengston D. N., Fan D. P., Celarier D. N. A new approach to monitoring the social environment for natural resource management and policy: the case of US national forest benefits and values. *J. Environ. Manage.* 1999. 56, 181–193. doi: 10.1006/jema.1999.0278
29. Bonilla-Moheno M., Holl K. D. Direct seeding to restore tropical mature-forest species in areas of slash-and-burn agriculture. *Restoration Ecology.* 2010. 18(S2). 438- 445
30. Cook-Patton, S. C., Gopalakrishna, T., Daigneault, A., Leavitt, S. M., Platt, J., Scull, S. M., et al. (2020). Lower cost and more feasible options to restore forest cover in the contiguous United States for climate mitigation. *One Earth.* Vol. 3. P. 739–752. doi: 10.1016/j.oneear.2020.11.013
31. Danielsson M., Kännaste A., Lindström A., Hellqvist C., Stattin E., Långström B., Borg-Karlsson A.-K. Mini-seedlings of *Picea abies* are less attacked by *Hylobius abietis* than conventional ones: Is plant chemistry the explanation? *Scandinavian Journal of Forestry Research.* 2008. Vol. 23. P. 299–306.
32. Domke, G. M., Oswalt, S. N., Walters, B. F., and Morin, R. S. (2020). Tree planting has the potential to increase carbon sequestration capacity of forests in the United States. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 117, 24649–24651. doi: 10.1073/pnas.2010840117.
33. Federal Register (2020). Establishing the one trillion trees interagency council (Executive Order 13955). *Off. Fed. Regist.* 85, 65643–65645
34. Gray LK, Hamann A. (2011) Strategies for Reforestation under Uncertain Future Climates: Guidelines for Alberta, Canada. *PLOS ONE* 6(8). e22977. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022977>
35. Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., et al. (2017). Natural climate solutions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 114, 11645–11650. doi: 10.1073/pnas.1710465114

36. Holl K. D., Brancalion P. H. S. Tree planting is not a simple solution. *Science*. 2020. Vol. 368. P. 580–581. doi: 10.1126/science.aba8232
37. Johansson K., Nilsson U., Allen H. L. Interactions between soil scarification and Norway spruce seedling types. *New Forests*. 2007. Vol. 33. P. 13–27.
38. Li G.L., Zhu Y., Liu Y., Jiang L., Shi W., Liu J., Wang J., Cheng Z. Effect of nursery nitrogen application of bare-root *Larix olgensis* seedlings on growth, nitrogen uptake and initial field performance. *Journal of Environmental Biology*. 2011. 34 79- 85.
39. Lindström A., Hellqvist C., Stattin E. Mini seedlings—A new forest regeneration system J. S. Colombo *The Thin Green Line—A symposium on the state-of-the-art in reforestation—Proceedings Forest Research Information Paper*. 2005. No. 160. P. 59
40. Sault Ste Marie, ON, Canada 51. McDonald, T., Jonson, J., and Dixon, K. W. (2016). National standards for the practice of ecological restoration in Australia. *Restor. Ecol.* 24, S1–S32. doi: 10.1111/rec.12359 41
41. Neary D. G., Ice G. G., Jackson C. R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. *For. Ecol. Manag.* 2009. Vol. 258. P. 2269–2281. doi: 10.1016/j.foreco.2009.05.027
42. Nilsson U., Örländer G. Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*. 1999. 29. P. 1015–1026.
43. Nilsson U., Luoranen J., Kolström T., Örländer G., Puttonen P. Reforestation with planting in northern Europe, *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2010. Vol. 25:4. P. 283-294, DOI: 10.1080/02827581.2010.498384
44. Parviainen J. 1976 Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys [Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine] *Folia Forestalia*. 268.

45. Rune, G. 2003. Instability in plantations of container grown Scots pine and consequences on stem form and wood properties. Swedish University of Agricultural Sciences. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria, Vol. 281. P. 1–35.
46. Suita E., Sudrajat D.J., Nurhasybi A. Pertumbuhan bibit sengon merah (*Albizia chinensis* (Osbeck) Merr.) pada media semai cetak dan perbandingannya dengan bibit polibag. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea. 2018. 7(2). 141-149.
47. Verdone, M., and Seidl, A. (2017). Time, space, place, and the Bonn Challenge global forest restoration target. Restor. Ecol. 25, 903–911. doi: 10.1111/rec.12512
48. The White House (2016). United States Mid-Century Strategy for Deep Decarbonization. Washington, DC, 111.