УДК 630*232.32 https://doi.org/10.31713/vs320263

Брежицька О. А. [1; ORCID ID: 0009-0005-1543-1158],
к.с.-г.н., доцент,
Ласло О. О. [2; ORCID ID: 0000-0002-0101-4442],
к.с.-г.н., доцент,
Головань Л. В. [3; ORCID ID: 0000-0002-7630-3222],
к.с.-г.н., доцент

[1]Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне
[2]Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава
[3]Державний біотехнологічний університет, м. Харків

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ВИРОЩУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО ЛІСОКОРИСТУВАННЯ

У статті проведено комплексний порівняльний аналіз сучасних систем вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах відкритого та закритого ґрунту, який розглянуто в контексті концепції сталого лісокористування та адаптації лісового господарства до глобальних кліматичних змін. Актуальність теми дослідження зумовлена об'єктивною потребою оптимізації сучасного лісокультурного виробництва, підвищення приживлюваності створених культур та довгострокової екологічної стабільності лісів для досягнення стратегії розвитку лісової галузі.

У роботі наведено порівняльну оцінку ефективності відкритої та закритої систем вирощування сіянців сосни звичайної як інструменту адаптації лісового господарства. Досліджено біометричні показники, ключові якісні параметри сіянців сосни, вирощених за класичною традиційною технологією у відкритому ґрунті (із відкритою кореневою системою) та за інтенсивними методами в контрольованому середовищі (із закритою кореневою системою). Проаналізовано екологічну ефективність досліджуваних систем вирощування садивного матеріалу.

На основі отриманих експериментальних даних визначено, що вирощування закритого садивного матеріалу суттєво мінімізує логістичні та кліматичні ризики, забезпечує високу приживлюваність рослин на лісосіках і значно скорочує терміни виконання лісовідновлюваних робіт протягом року. Сформульовано науково-технологічні рекомендації для лісогосподарських підприємств щодо раціонального поєднання методів вирощування насаджень сосни з метою реалізації стратегії сталого розвитку лісової галузі України.

Ключові слова: сосна звичайна; садивний матеріал; закрита коренева система; відкритий ґрунт; лісові розсадники; стале лісокористування; біометричні показники.

Вступ. Сучасний стан лісових екосистем потребує все більшої уваги як елемент досягнення сталого розвитку регіонів. Від їхніх якісних та кількісних характеристик залежить екологічна рівновага на планеті загалом. Саме вони здійснюють безпосередній вплив на мікрокліматичні процеси та формують сприятливе середовище для людини.

У структурі лісового фонду України сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*) виступає однією з головних лісотвірних порід. На її частку припадає близько 33–35% залісених площ, що засвідчує її провідну роль у формуванні стійких лісових екосистем, зокрема в межах Полісся та Лісостепу. Визначальними факторами є стійкі та продуктивні деревостани в умовах низької родючості ґрунтів, нерівномірного зволоження тощо. Також відомі і екологічні функції соснових лісів: водоохоронні, ґрунтозахисні, санітарно-гігієнічні. Оцінюючи їх економічне значення, варто відмітити їх рекреаційну цінність та джерело деревини [1–3]. Збереження та ефективне відтворення соснових насаджень є ключовим завданням у веденні сталого лісокористування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проведений огляд літературних джерел показав, що продуктивність майбутніх лісових насаджень закладається на початкових стадіях репродуктивного циклу «насіння – сіянець». Саме тому науковці та практики особливу увагу приділяють методам вирощування садивного матеріалу. Визначальними факторами є вимоги світлового режиму – сосна звичайна належить до групи яскраво виражених геліофітів; едафічні вимоги – сосна є типовим оліготрофом; гідрологічний режим – дорослі дерева є ксерофітами, однак, сіянці першого року життя є типовими мезофітами; мікориза та поживні ресурси – сосна є облігатним мікотрофом; генетичний потенціал – формується безпосередньо на етапі формування та заготівлі насіннєвого матеріалу [2; 3]. Тому врахування екологічних вимог на етапах підготовки насіння та формування сіянця є ключовою умовою вирощування садивного матеріалу з максимальним адаптаційним потенціалом та високою енергією росту.

До провідних науковців, які вивчають функціонування та особливості сталого лісокористування в сучасних умовах кліматичних

змін, належать Букша І. Ф., Лакида П. І., Пастернако В. П., Краковська С. В., Швиденко А. З., Писаренко Л. А., Маурер В. М. та ін. [1–5]. Узагальнивши результати їх напрацювань зазначимо, що сьогодні широко використовують відкриту та закриту систему вирощування садивного матеріалу.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Метою дослідження – здійснити порівняльну характеристику відкритої та закритої систем вирощування сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) у контексті сталого лісокористування.

Для досягнення мети було проведено аналіз теоретичних та методологічних основ насінництва та розсадництва сосни звичайної; узагальнення відгуку лісових культур на коливання кліматичних факторів; оцінювання біотехнологічних особливостей та лімітуючих сторін відкритого ґрунту й касетного способу вирощування сіянців; експериментальне порівняння параметрів біометричного розвитку та адаптаційної здатності рослин на лісокультурних площах.

Об'єктом дослідження є закономірності вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*).

У роботі використано фенологічні спостереження, біометричні вимірювання морфометричних параметрів сіянців (висота, діаметр кореневої шийки, маса кореневої та надземної частини), визначення густоти стояння рослин; проведено польові дослідження та математико-статистичну обробку їх результатів.

Виклад результатів дослідження та їх обговорення. Сучасні тенденції щодо зміни клімату здійснюють негативний вплив на усі екосистеми планети, а особливо лісові, що пов’язано зі змінами гідрологічного режиму, а відтак відбувається порушення циклів росту та зниження загальної продуктивності насаджень на рівні деревостанів.

Особливо уразливими до таких факторів є сіянці та лісові культури першого року, які потребують інтенсивного агротехнічного догляду як базової умови для формування високоякісних і стійких насаджень.

Вирощування сіянців у відкритому ґрунті залишається класичним та найбільш поширеним методом у практиці вітчизняного лісового господарства, що зумовлено його перевіреною часом ефективністю та обсягом. Ця технологія базується на послідовному виконанні регламентованих агротехнічних заходів, спрямованих на отримання фізіологічно стійкого посадкового матеріалу.

ISSN 3154-8059

Вагомим етапом у цьому методі є підготовка ґрунту, яка розпочинається з ретельного вибору ділянки. Оптимальними вважаються площі з легким гранулометричним складом, які забезпечують добру аерацію та мають високу природну родючість. Також важливим етапом є проведення агротехнічних та агрохімічних заходів обробітку ґрунту, що забезпечує необхідну пухкість орного горизонту та збалансування поживного режиму.

Фундаментом біологічної стійкості майбутніх насаджень є застосування кондиційного насіннєвого матеріалу, що пройшов обов'язкову лабораторну оцінку посівних якостей, стратифікацію та комплексне передпосівне загартування. Наступним ключовим етапом стає забезпечення відповідних гідрологічних умов, агротехнічного догляду та інтегрований захист рослин від фітопатогенів та ентомошкідників.

Головною перевагою відкритого способу вирощування садивного матеріалу є формування потужної розгалуженої кореневої системи сіянців, що забезпечує їхню високу приживлюваність під час створення лісових культур. Також це забезпечується природною адаптацією до місцевих кліматичних умов, що формує їх витривалість до стресових явищ.

Однак, відкрита технологія має і певні недоліки такі, як низька стійкість до абіотичних стресів (засухи, заморозків, екстремальних опадів), які лімітують накопичення біомаси сіянців; висока вразливість відкритої екосистеми розсадника до ґрунтових і аерогенних патогенів та ентомошкідників. Окрім цього, за умов відкритого ґрунту індивідуальний розвиток рослин уповільнюється, внаслідок чого період вирощування стандартних сіянців є тривалішим, ніж при застосуванні сучасних касетних чи тепличних технологій.

Тому для порівняльної характеристики, нами проаналізовано метод вирощування садивного матеріалу із закритою кореневою системою у контрольованому екологічному середовищі (теплицях, фітотронах). Застосування цього підходу забезпечує істотну інтенсифікацію виробничого процесу, дозволяючи оптимізувати темпи росту та отримати сіянці значно швидше [6].

У своїх працях (Даниленко О. М., Борисова В. В., Сбитна М. В.) науковці зазначають, що вирощування сіянців сосни із закритою кореневою системою забезпечує: на 25–40% вищу схожість; до 30% кращу приживлюваність; зменшення витрат на догляд після висадки. Стратегічним напрямом інтенсифікації лісовирощування є поєднання

закритої системи з мікоризацією садивного матеріалу та використанням оптимізованих під місцевий клімат розумних добрив і гідрогелів [6; 7].

Принциповою технологічною відмінністю є відмова від природного ґрунтоносія на користь спеціалізованих багатокомпонентних субстратів (переважно на основі сфагнового верхового торфу з додаванням агроперліту), що характеризуються оптимальними фізико-хімічними параметрами аерації та вологоємності. При цьому посів насіннєвого матеріалу здійснюється безпосередньо у калібровані комірки касет або контейнери.

До переваг закритої системи належить: контроль мікроклімату, біологічний захист, гнучкість лісокультурного сезону, селекційна цінність. Догляд у закритому ґрунті є високотехнологічним, оскільки включає автоматизоване провітрювання, забезпечення освітлення фітолампами у зимовий період та затінення влітку, щоб запобігти сонячним опікам. Важливим етапом перед висадкою є загартування садивного матеріалу – поступова адаптація тепличних рослин до природних умов шляхом зміни режиму поливу та провітрювання. Садіння здійснюється за спеціальною технологією, що гарантує цілісність кореневого кому.

Однак вагомим недоліком цього методу є його енергозатратність та вартість, що зумовлює високу ресурсомісткість технологічного процесу та вимагає тривалого періоду адаптації (регенерації) сіянців після їхнього висаджування на лісокультурну площу.

Експериментальні дослідження ефективності проаналізованих методів було проведено в СВСК «Селянський ліс», який розташований у Рівненській області. Метою досліджень було визначення оптимальної стратегії отримання якісного посадкового матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) в умовах кліматичних змін Західного Полісся.

Програма досліджень передбачала порівняльне оцінювання двох технологічних підходів до вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*). Перший варіант (контроль) базувався на традиційній технології відкритого ґрунту. Другий варіант (дослід) реалізовували в умовах закритої системи – у спеціалізованій плівковій теплиці з можливістю регулювання параметрів мікроклімату.

Експериментальні лісові культури закладали вручну за схемою 3,0 × 0,7 м, що відповідає густоті 3762 шт./га (загальний обсяг

ISSN 3154-8059

садивних місць на дослідній ділянці становив 752 тис. шт.). Посівну площу було ізольовано по периметру. Дослідження проводили у свіжій сугрудковій діброві (тип лісорослинних умов – С2, тип лісу – С2ГДС). Ґрунтовий покрив ділянки – дерново-середньопідзолистий супіщаний свіжий, незадернілий, із відсутністю ентомологічного зараження. Первинний обробіток ґрунту здійснювали механізованим способом навесні за допомогою плуга ПКЛ-70 (нарізання борозен через кожні 3 м, глибина оранки – до 15 см).

Комплексну оцінку якості вирощеного матеріалу проводили наприкінці вегетаційного періоду (після 90 днів активного росту). Для встановлення адаптаційного потенціалу та життєздатності рослин аналізували їхні ключові морфометричні й фізіологічні індикатори. Загальний обсяг експериментальної вибірки становив 196 сіянців.

Результати аналізу біометричних показників свідчать про диференціацію ростових процесів залежно від умов вирощування. За середньою висотою переважали рослини відкритого ґрунту з показником 6,51 см, що на 28,4% вище порівняно із тепличними аналогами. Максимальні значення зафіксовано у варіантах із високою густотою сходів у відкритому ґрунті, де сіянці досягли 10,03 см. Це в 1,5 рази перевищує висоту рослин із розріджених і середніх за щільністю сходів цієї ж популяції та на 40% – показники густих сходів із закритого ґрунту (рис. 1).

В умовах захищеного ґрунту (теплиці) варіативність висоти була менш амплітудною: лінійні параметри коливалися від 1,5 см (за рідких сходів) до 10,5 см (за густих). Водночас у всіх досліджуваних варіантах найменші за лінійними розмірами тепличні сіянці поступалися екземплярам із відкритого ґрунту в 2 рази. Така тенденція вказує на уповільнення темпів індивідуального росту хвойних проростків у штучно регульованому середовищі на початкових етапах онтогенезу.

Наступним параметром аналізу для порівняльної характеристики став діаметр кореневої шийки сіянців, оскільки товщина стовбурця виступає ключовим індикатором їхньої фізіологічної стійкості, ксерорезистентності та здатності протистояти температурним амплітудам.

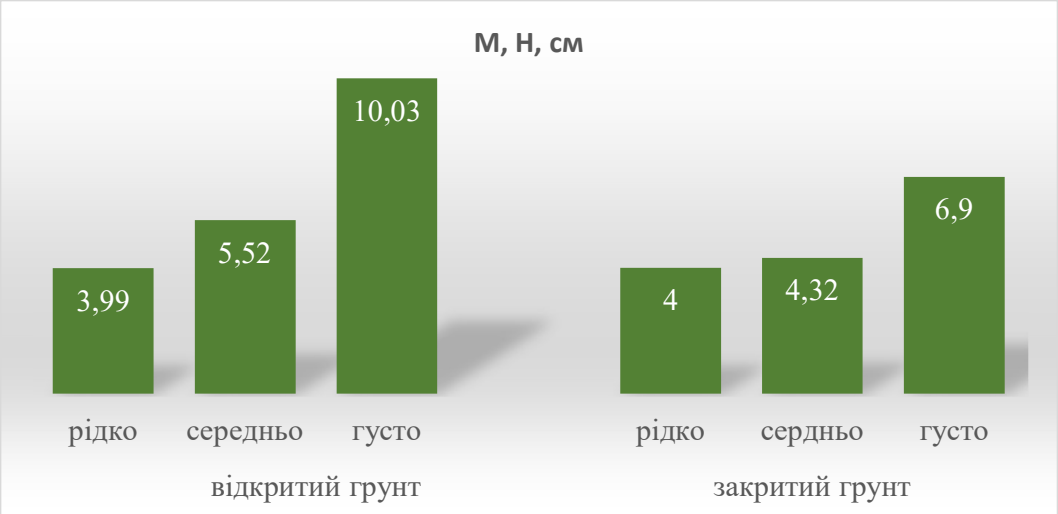


Рис. 1. Залежність висоти сіянців від густоти посадки

Середній діаметр стовбурця у сіянців відкритого ґрунту становив 2,77 мм, що у 2,2 рази перевищувало аналогічний показник рослин із захищеного ґрунту (1,25 мм). Мінімальні значення товщини кореневої шийки зафіксовано в умовах закритої системи у варіантах із рідкими та середніми за щільністю сходами (1,00 та 1,07 мм відповідно) – це втричі менше порівняно із сіянцями аналогічної густоти з відкритого ґрунту. Найкращий біометричний розвиток у теплиці продемонстрував варіант із густими сходами, де середній діаметр досяг 1,69 мм, що на 35% вище за середньопопуляційний рівень тепличних проростків.

Для інтегрального оцінювання адаптаційного потенціалу садивного матеріалу, який поєднує лінійні розміри із внутрішньою архітектонічною збалансованістю, доцільно застосовувати комплексні критерії, що підвищують точність прогнозування лісокультурної успішності.

Аналіз життєздатності, інтенсивності елімінації насіннєвого потомства та збереженості сіянців виявив значні розбіжності між теоретично розрахованими та фактичними параметрами. За норми висіву 400 насінин на 3 погонні метри проєктна густота стояння для відкритого ґрунту мала становити 133 шт./пог.м, проте на жодній із експериментальних площ цього показника не було досягнуто. Рівень відпаду досяг критичних значень: у розріджених та середніх посівах загибель становила 84%, а в загущених варіантах – 61%.

В умовах закритого ґрунту (теплиці) за норми висіву 150 шт./пог.м також зафіксовано суттєве зменшення кількості рослин у всіх варіантах досліду. Показник загибелі рослин корелював із

 ISSN 3154-8059

щільністю сходів і становив: 81% – у зріджених, 78% – у середніх та 72% – у густих посівах (рис. 2).

Як показали дослідження, розмір вирощеного сіянця не є ключовим критерієм якості садивного матеріалу. З огляду на кліматичні виклики, вагомими індикаторами успішності лісорозсадництва стають показники ресурсозбереження, стабільності та адаптаційного потенціалу технологій.

Системний аналіз підсумків вегетації хвойних інтродуцентів у СВСК «Селянський ліс» виявив багатофакторну нелінійну кореляцію між способом вирощування та архітектонічними параметрами сіянців. Отримані дані обґрунтовують доцільність комбінування елементів обох систем для оптимізації лісовідновлення.

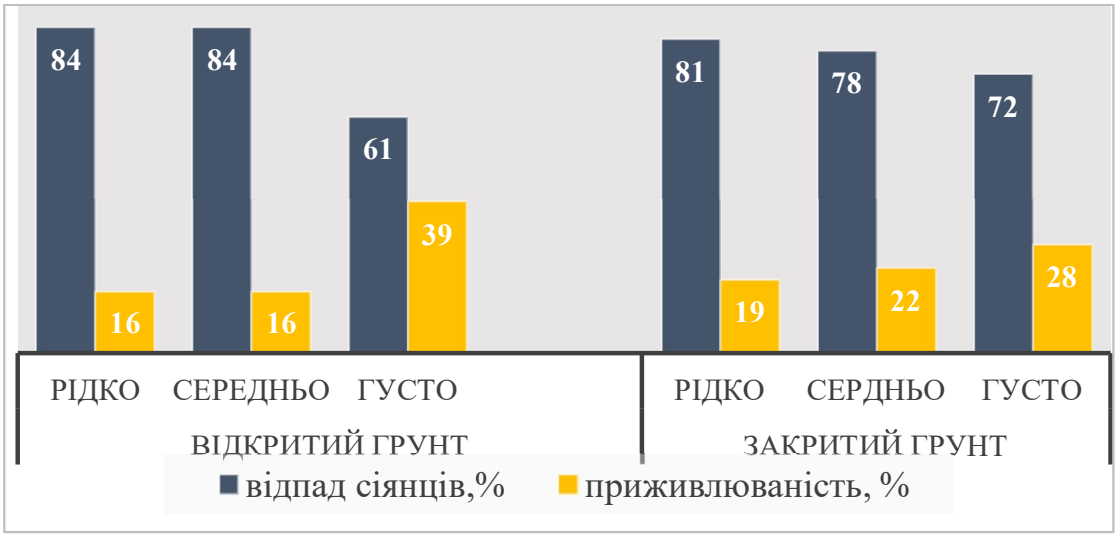


Рис. 2. Рівень відпаду сіянців сосни звичайної залежно від густоти на дослідних ділянках

Екологічна стійкість майбутньої лісової екосистеми та її деревостану закладається ще в розсаднику завдяки формуванню однорідної структури культур. Морфологічна однорідність садивного матеріалу виступає базовою передумовою формування біологічно стійких і просторово рівномірних фітоценозів, що володіють високим потенціалом резистентності до екстремальних метеорологічних явищ у майбутньому.

Висновки. Систематизуючи технологічні особливості вирощування встановлено, що вагомим недоліком відкритої системи є механічне травмування коренів під час викопування, що зумовлює тривалий адаптаційний період сіянців, тоді як закрита система, завдяки цілісності кореневої системи, зберігає їхню фізіологічну

активність та резистентність до посух. Відповідно, сучасне лісовирощування потребує гнучкого поєднання переваг розглянутих технологій та їхньої верифікації під регіональні кліматичні виклики. Це пришвидшить реалізацію стратегії переходу до відновлення лісів, які є максимально наближеними до природних екосистем, забезпечить стале лісокористування в умовах кліматичних змін сьогодення.

1. Даниленко О. М., Ющик В. С., Румянцев М. Г., Мостепанюк А. А. Особливості росту та стану соснових культур, створених різним садивним матеріалом, у Південно-східному лісостепу України. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2021. Вип. 31(1). С. 26–29. DOI: https://doi.org/10.36930/40310104 **2.** Булат А. Г., Трунов О. П. Технологія вирощування стандартних сіянців сосни звичайної в умовах закритого ґрунту. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів.* 2016. № 1. С. 198–205. **3.** Лакида П. І. Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності : монографія. Київ : ФОП Майданченко І. С., 2012. 171 с. **4.** Швиденко А. З., Букша І. Ф., Краковська С. В. Уразливість лісів України до зміни клімату : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2018. 184 с. **5.** Буднік З. М., Грицюк В. В., Кондратюк Н. В., Писаренко В. О., Ціпан Ю. Р. Вплив кліматичних факторів на лісові екосистеми Рівненщини. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 2(102). С. 18–30. DOI: https://doi.org/10.31713/vs220232 **6.** Лісівництво : підручник / П. П. Яворовський та ін. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2021. 654 с. **7.** Лісові культури : підручник / М. І. Гордієнко, М. М. Гузь, Ю. М. Дебринюк, В. М. Маурер. Львів : Камула, 2005. 608 с. **8.** Маурер В. М. Забезпеченість садивним матеріалом робіт з відтворення лісів в Україні: сучасний стан, проблеми та першочергові завдання. *Науковий вісник НУБіП України*. 2011. Вип. 164, ч. 1. С. 195–201.

REFERENCES:

1. Danylenko O. M., Yushchyk V. S., Rumiantsev M. H., Mostepaniuk A. A. Osoblyvosti rostu ta stanu sosnovykh kultur, stvorenykh riznym sadyvnym materialom, u Pivdenno-skhidnomu lisostepu Ukrainy. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2021. Vyp. 31(1). S. 26–29. DOI: https://doi.org/10.36930/40310104 **2.** Bulat A. H., Trunov O. P. Tekhnolohiia vyroshchuvannia standartnykh siiantsiv sosny zvychainoi v umovakh zakrytoho gruntu. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu imeni V. V. Dokuchaieva. Ser. Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv*. 2016. № 1. S. 198–205. **3.** Lakyda P. I. Shtuchni sosnovi derevostany Polissia Ukrainy – prohnoz rostu ta produktyvnosti : monohrafiia. Kyiv : FOP Maidanchenko I. S., 2012. 171 s. **4.** Shvydenko A. Z., Buksha I. F., Krakovska S. V. Urazlyvist lisiv Ukrainy do zminy klimatu : monohrafiia. Kyiv : Nika-Tsentr, 2018. 184 s. **5.** Budnik Z. M., Hrytsiuk V. V., Kondratiuk N. V., Pysarenko V. O., Tsipan Yu. R. Vplyv klimatychnykh faktoriv na lisovi ekosystemy Rivnenshchyny. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2023. Vyp. 2(102). S. 18–30. DOI:

 ISSN 3154-8059

https://doi.org/10.31713/vs220232 **6.** Lisivnytstvo : pidruchnyk / P. P. Yavorovskyi ta in. Kyiv : Vydavnychyi tsentr NUBiP Ukrainy, 2021. 654 s. **7.** Lisovi kultury : pidruchnyk / M. I. Hordiienko, M. M. Huz, Yu. M. Debryniuk, V. M. Maurer. Lviv : Kamula, 2005. 608 s. **8.** Maurer V. M. Zabezpechenist sadyvnym materialom robit z vidtvorennia lisiv v Ukraini: suchasnyi stan, problemy ta pershocherhovi zavdannia. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. 2011. Vyp. 164, ch. 1. S. 195–201.

Brezhytska O. A. [1; ORCID ID: 0009-0005-1543-1158],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Laslo O. O. [2; ORCID ID: 0000-0002-0101-4442],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Holovan L. V. [3; ORCID ID: 0000-0002-7630-3222],
Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor

[1]National University of Water and Environmental Engineering, Rivne
[2]Poltava State Agrarian University, Poltava
[3]State Biotechnological University, Kharkiv

COMPARATIVE ANALYSIS OF GROWING SYSTEMS OF SCOTTISH PINE PLANTING MATERIAL IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT

The article presents a comprehensive comparative analysis of modern systems for growing Scots pine (Pinus sylvestris L.) planting material in open and closed soil conditions, which is considered in the context of the concept of sustainable forest management and adaptation of forestry to global climate change. The relevance of the research topic is due to the objective need to optimize modern silvicultural production, increase the survival rate of established crops and long-term ecological stability of forests to achieve the development strategy of the forest industry.

The paper presents a comparative assessment of the effectiveness of open and closed systems for growing Scots pine seedlings as a tool for adapting forestry. Biometric indicators and key quality parameters of pine seedlings grown using classical traditional technology in open soil (with an open root system) and intensive methods in a controlled environment (with a closed root system) were studied. The ecological efficiency of the studied planting material growing systems was analyzed. The main indicators of the state of the soil cover and favorable environmental conditions for growing planting material are characterized.

Based on the experimental data obtained, it is noted that growing closed planting material significantly minimizes logistical and climatic risks, ensures high plant survival in forest clearings and significantly reduces the

time for forest restoration work during the year. At the same time, it was established that the size of the grown seedling is not a key criterion for the quality of planting material. In modern conditions, the indicators of resource conservation, reliability and environmental plasticity of the technology are important. Scientific and technological recommendations for forestry enterprises on the rational combination of methods for growing pine plantations in order to implement the strategy of sustainable development of the forest industry of Ukraine are also indicated.

Keywords: Scots pine; planting material; closed root system; open soil; forest nurseries; sustainable forest use; biometric indicators.

Отримано / Received: 13.08.2026
Прийнято до друку / Accepted: 14.09.2026
Опубліковано / Published: 18.09.2026



© 2026 [Brezhytska O. A., Laslo O. O., Holovan L. V.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org)