УДК 631.41:631.82:633
DOI:10.37128/2707-5826-2026-4-10

ВПЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ САДЖАНЦІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

Г.О. МАЗУРЧУК, *кандидат с.- г. наук, доцент*
Т.Я. ВАСЬКІВ, *аспірант*
В.М. ГРИБ, *доктор с.- г. наук, професор*
Н.В. ПУЗРІНА, *кандидат с.-г. наук, доцент*
О.П. БАЛА, *кандидат с.-г. наук, доцент*
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліджено вплив передпосівної обробки насіння препаратами на біометричні показники саджанців сосни звичайної (Pinus sylvestris L.). Об'єктом дослідження були саджанці сосни звичайної, вирощені за різних варіантів передпосівної обробки насіння біопрепаратами, предметом – біометричні показники саджанців. Метою роботи було визначення ефективності біопрепаратів за якісними та кількісними показниками росту саджанців. Дослідження проводили у 2023–2024 рр., оцінюючи висоту саджанців, діаметр кореневої шийки, довжину основного та бічних коренів, повітряно–суху масу і довжину хвої. Досліджено 31 варіант із мінімальними та максимальними нормами застосування препаратів Д–1, Д–1А, Д–11, Д–11А, Д–2, Д–21, Д–6, Д–6А, Д–7, Д–7А, Д–66, Д–66А, Д–555В, Д–55 та Азогран; Контрольним варіантом було замочування насіння у воді. Найвищі значення більшості показників встановлено за Д–1 max та Д–11 max у дозі 5 мл/1 л води. За Д–1 max висота саджанців становила 45,0±0,9 см, діаметр кореневої шийки – 3,4±0,15 мм, повітряно-суха маса – 43,8±1,1 мг, що відповідно на 91,5, 47,8 та 25,9 % більше порівняно з Контролем (23,5±0,5 см; 2,3±0,08 мм; 34,8±0,7 мг). За Д–11 max висота становила 44,2±0,9 см, діаметр – 3,3±0,14 мм, довжина основного кореня – 25,1±0,7 см, бічних коренів – 21,4±0,5 см, повітряно-суха маса – 43,2±1,1 мг, довжина хвої – 4,9±0,13 см. Довжина основного та бічних коренів у цьому варіанті перевищувала Контроль відповідно на 132,4 і 23,0 %. Високі значення також отримано за Д–2 min (0,5 мл/1 л води), Д–21 max (5 мл/1 л води), Д–7 max (5 мл/1 л води), Д–555В max (4 мл/1 л води) та Азогран (50 мл/0,5 л води). Кластерний аналіз за методом Варда засвідчив диференціацію варіантів за комплексом біометричних ознак: контроль сформував окремий кластер, а Д–1 max та Д–11 max увійшли до групи з найвищими значеннями показників. Результати підтверджують перспективність Д–1 max та Д–11 max для вирощування садивного матеріалу сосни звичайної.

Ключові слова: *сосна звичайна, біопрепарати, передпосівна обробка насіння, саджанці, біометричні показники, кластерний аналіз.*

Табл. 1, Рис. 6, Літ 10.

Постановка проблеми. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є однією з основних лісоутворювальних деревних видів України та має важливе значення для створення і відновлення лісових насаджень. Якість майбутніх лісових культур значною мірою залежить від посівних властивостей насіння та якості вирощеного садивного матеріалу. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності вирощування саджанцівє застосування біопрепаратів і біологічно активних речовин для передпосівної обробки насіння. Ефективність таких препаратів залежить від їх складу, концентрації та норми застосування, а також від умов вирощування рослин. Водночас реакція саджанцівна різні препарати може проявлятися неоднаково за окремими показниками росту, зокрема висотою, діаметром кореневої шийки, розвитком кореневої системи та накопиченням сухої маси.

EFFECT OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE BIOMETRIC PARAMETERS OF SCOTS PINE SEEDLINGS © 2026 by Mazurchuk H.O., Vaskiv T.Y., Hryb V.M., Puzrina N.V., Bala O.P. is licensed under CC BY 4.0

Тому актуальним є комплексне оцінювання впливу біопрепаратів на сукупність основних біометричних показників саджанцівсосни звичайної.

Особливого значення набуває визначення найбільш ефективних препаратів та оптимальних норм їх застосування, які забезпечують формування високоякісного садивного матеріалу. Це зумовлює необхідність проведення порівняльної оцінки біометричних показників саджанцівсосни звичайної за різних варіантів передпосівної обробки насіння та визначення найбільш перспективних біопрепаратів для подальшого використання у лісовому розсадництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження впливу біопрепаратів, біостимуляторів та регуляторів росту на сосну звичайну охоплюють передпосівну обробку насіння, стимулювання росту сіянців, розвиток кореневої системи та підвищення приживлюваності лісових культур. Результати досліджень свідчать про перспективність використання біологічно активних препаратів у лісовому розсадництві [1–7].

Показано позитивний вплив біопрепаратів Триходермін, Гаупсин і Планриз на ріст сіянців сосни звичайної. Їх застосування сприяло збільшенню висоти, діаметра кореневої шийки та довжини кореневої системи порівняно з контролем [1].

Виявлено залежність посівних властивостей насіння сосни звичайної від його морфологічних особливостей. Передпосівна обробка водними субстратами сприяла підвищенню енергії проростання насіння різного кольору [2].

Застосування мікробних агентів та біопрепаратів на їх основі позитивно впливало на біометричні показники сіянців. Найбільш ефективними виявилися окремі штами *Trichoderma viride* та *Trichoderma lignorum*, а також препарати Триходермін, Гаупсин і Планриз, які забезпечували покращення росту надземної та кореневої частин рослин [3].

Підтверджено позитивну дію біостимулятора «Регоплант» на процеси росту сіянців сосни звичайної, що свідчить про перспективність застосування регуляторів росту у лісовому розсадництві [4].

Застосування стимуляторів росту «Циркон», «Грейнактив-С», «Корневін», Radifarm plus, «Аміностим» та Megafol сприяло покращенню основних біометричних показників сіянців, зокрема їх висоти, діаметра кореневої шийки та маси надземної і кореневої частин [5].

Позитивну дію біоорганічної композиції «Біоекофунге-1» підтверджено за показниками росту сіянців та розвитку кореневої системи. Оброблення препаратом сприяло збільшенню висоти рослин і маси коренів порівняно з контролем [6].

Дослідження у лісових культурах засвідчили позитивний вплив стимуляторів «Stimulate» та «Bioforge» на приживлюваність, висоту та діаметр сосни звичайної. Ефект препаратів проявлявся як у 1-річних, так і у 3-річних культурах [7].

Виявлено позитивний вплив регуляторів росту на посівні властивості насіння та подальший ріст сіянців. Препарат Стімпо підвищував енергію проростання насіння, а Мегафол забезпечував істотне збільшення основних біометричних показників сіянців [8].

Окремі біологічно активні речовини здатні підвищувати стійкість сосни звичайної до несприятливих температурних умов. Застосування біс-(N-оксид-2-метилпіридин)-цинк(II)-хлориду сприяло підвищенню стійкості рослин до низьких температур на ранніх етапах розвитку [9].

Зарубіжні дослідження свідчать, що ефективність органічних компонентів субстрату залежить від їх виду та способу застосування. Використання окремих органічних матеріалів не забезпечило позитивного впливу на схожість насіння та збереженість сіянців сосни звичайної, а найкращі результати отримано у контрольному варіанті [10].

Отже, результати досліджень підтверджують перспективність застосування біопрепаратів і регуляторів росту для покращення посівних властивостей насіння, росту та розвитку сіянців та саджанців сосни звичайної. Водночас ефективність препаратів залежить від їх складу, концентрації, способу застосування та умов вирощування. Це зумовлює необхідність комплексного порівняння різних біопрепаратів за сукупністю біометричних показників та визначення найбільш ефективних варіантів їх застосування.

Умови та методика проведення досліджень. Мета проведеного дослідження полягала у визначенні впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами на біометричні показники саджанців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та встановленні найбільш ефективних препаратів і доз їх застосування. Об’єктом дослідження були саджанці сосни звичайної, вирощені з насіння за передпосівної обробки біопрепаратами. Предмет дослідження – біометричні показники саджанців сосни звичайної.

Завдання дослідження полягали в оцінюванні впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами на висоту, діаметр кореневої шийки, довжину основного та бічних коренів, повітряно-суху масу і довжину хвої саджанців; порівнянні отриманих показників із Контролем; визначенні найбільш ефективних препаратів і доз за сукупністю біометричних ознак; проведенні кластерного та головних компонентного аналізів для комплексної диференціації варіантів досліду.

Дослідження проводили у 2023–2024 рр. у теплиці відкритого типу, де вирощували саджанці сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Для експерименту використовували насіння сосни звичайної, отримане з клоново-насіннєвих плантацій Поліської зони України, згідно з посвідченням про кондиційність лісового насіння № 90 від 21.04.2023, виданим Українським лісовим селекційним центром.

Передпосівний обробіток насіння сосни звичайної проводили шляхом замочування у водних розчинах експериментальних зразків біопрепаратів відповідно до рекомендованих інструкціями норм їх застосування.

Загалом було підготовлено 31 дослідний зразок біопрепаратів: Д1, Д1А, Д11, Д11А, Д2, Д21, Д6, Д6А, Д7, Д7А, Д66, Д66А, Д555В, Д55 та Азогран у мінімальних і максимальних дозах відповідно до рекомендацій виробників. Контрольним варіантом слугувало насіння, замочене у воді

Експериментальні біопрепарати відрізнялися за складом, концентрацією діючих речовин та рекомендованими нормами застосування. Для характеристики досліджуваних препаратів наведемо їх основний склад та норми витрати робочих розчинів.

Препарат Д-1 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту та 1000 мл Акво-N-окис. До складу Акво-N-окис входить 2-метилпіридин марганець (II) хлорид у концентрації 1 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-1А містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 500 мл N-окис 2-метилпіридину концентрацією 2,0 г/л та 500 мл/л біогенних мікроелементів. До складу комплексу біогенних мікроелементів входять B, Mo, Co, Mg, Mn, Cu, Zn, Fe та S. Їхній вміст, г/0,5 л, становить відповідно: B - 2,465; Mo - 0,511; Co - 0,314; Mg - 3,698; Mn - 3,07; Cu - 2,048; Zn - 3,07; Fe - 3,07; S - 11,136. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-11 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту та 1000 мл Акво-N-окис. До складу Акво-N-окис входить 2-метилпіридин марганець (II) хлорид у концентрації 10 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-11А містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 500 мл N-окис 2-метилпіридину концентрацією 10 г/л та 500 мл/л біогенних мікроелементів. До складу біогенних мікроелементів входять B, Mo, Co, Mg, Mn, Cu, Zn, Fe та S. Їхній вміст, г/0,5 л, становить відповідно: B - 2,465; Mo - 0,511; Co - 0,314; Mg - 3,698; Mn - 3,07; Cu - 2,048; Zn - 3,07; Fe - 3,07; S - 11,136. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-2 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту та Di-(N-окис 2-метилпіридин) цинк (II) йодид у концентрації 1 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-21 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту та Di-(N-окис 2-метилпіридин) цинк (II) йодид у концентрації 10 г/л.

Препарат Д-7 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 500 мл/л N-окис 2-метилпіридину концентрацією 1 г/л та 460 мл/л біогенних мікроелементів. До складу біогенних мікроелементів входять B, Mo, Co, Mg, Mn, Cu, Zn, Fe та S. Їхній вміст, г/0,46 л, становить відповідно: B - 2,465; Mo - 0,511; Co - 0,314; Mg - 3,698; Mn - 3,07; Cu - 2,048; Zn - 3,07; Fe - 3,07; S - 11,136. Крім того, до складу препарату входять 1-нафтілоцтова кислота - 3 г/л, О-нітрофенолят - 1,666 г/л, П-нітрофенолят - 1,666 г/л, О,П-дінітрофенолят - 1,666 г/л, саліцилова кислота - 2,5 г/л та бурштинова кислота - 2,5 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-7А містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 970 мл/л N-окис 2-метилпіридину концентрацією 10 г/л, 1-нафтілоцтову кислоту - 3 г/л, О-нітрофенолят - 1,666 г/л, П-нітрофенолят - 1,666 г/л, О,П-дінітрофенолят - 1,666 г/л, саліцилову кислоту - 2,5 г/л та бурштинову кислоту - 2,5 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-55 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 970 мл/л ІОК (індоліл-3-оцтової кислоти) у концентрації 20 г/л та саліцилову кислоту - 20 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-66 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 980 мл/л N-окис 2-метилпіридину концентрацією 50 г/л, гіберелову кислоту А-3 - 20 г/л та саліцилову кислоту - 3 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-66А містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 910 мл/л ІОК (індоліл-3-оцтової кислоти) у концентрації 20 г/л, гіберелову кислоту А-3 - 20 г/л та аспарагінову кислоту - 50 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мг/л.

Азогран містить азотфіксувальні бактерії *Azotobacter vinelandii* ІМВ В-7076 та фосфатмобілізувальні бактерії *Bacillus subtilis* ІМВ В-7023. Норма витрати робочого розчину становить 5 мл/0,5 л води (min) та 50 мл/0,5 л води (max).

Препарат Д-66 містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту та 1000 мл Акво-N-окис. До складу Акво-N-окис входить 2-метилпіридин марганець (ІІ) хлорид у концентрації 10 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мл/л.

Препарат Д-66А містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, 910 мл/л ІОК (індоліл-3-оцтової кислоти) у концентрації 20 г/л, гіберелову кислоту А-3 - 20 г/л та аспарагінову кислоту - 50 г/л. Норма витрати робочого розчину становить 0,05-0,5-1-5 мг/л.

Препарат Д-555В містить 1000 мл 20 % ізопропанольного екстракту, N-окис 2-метилпіридину, біогенні мікроелементи та комплекс органічних кислот. Норма витрати робочого розчину становить 0,1 мл/1 л води (min) та 4 мл/1 л води (max).

Посів насіння проведено у теплиці відкритого типу. на базі філії «Тетерівське лісове господарство». Насіння висівали на підготовлені ділянки з нормою висіву 1500 насінин на 1 м². Облікова площа одного варіанта становила 1 м² (0,5 × 2,0 м). Протягом вегетаційного періоду підтримували оптимальний водний режим шляхом регулярного поливу з урахуванням погодних умов.

Дослідні варіанти саджанців сосни звичайної, розміщені у посівному коробі, наведено на рис. 1.

Біометричну оцінку саджанців сосни звичайної проводили за показниками висоти надземної частини, діаметра кореневої шийки та довжини головного та бічного коренів, повітряно-сухої маси та довжини хвої. Для кожного біопрепарату обчислювали середні значення показників за результатами вимірювань 10 саджанців у 3-х кратній повторюваності.

Рис. 1. **Дослідні варіанти саджанців сосни звичайної у посівному коробі**
Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Статистичну обробку результатів проводили методами варіаційної статистики. Для кожного дослідного та контрольного варіантів визначали середнє арифметичне значення показника та його похибку. Достовірність відмінностей між дослідними варіантами і контролем оцінювали за фактичним критерієм Стьюдента (tf). Порівняння між контрольними та дослідними варіантами проводили за величиною зміни досліджуваних показників.

Кластеризацію варіантів досліду проводили за комплексом біометричних показників саджанців сосни звичайної, що включав висоту рослин, діаметр кореневої шийки, довжину головного та бічних коренів, масу саджанців і довжину хвої. Перед проведенням аналізу показники стандартизували для забезпечення їхньої співставності. Міру подібності між варіантами визначали за евклідовою відстанню, а об’єднання об’єктів здійснювали за методом Варда. Отримані результати візуалізували у вигляді дендрограми, за якою визначали групи варіантів із близькими значеннями комплексу досліджуваних показників.

Результати досліджень. Нами було проведено оцінювання комплексу біометричних показників, що характеризують розвиток надземної та підземної частин рослин. До основних показників віднесено висоту саджанців, діаметр, довжину головного та бічних коренів, повітряно-суху масу і довжину хвої.

Процес камеральної обробки саджанців наведено на рис. 2.

Порівняння зазначених показників із саджанцями контрольного варіанта дало змогу оцінити характер впливу досліджуваних біопрепаратів на ріст і розвиток саджанців та визначити варіанти, за яких формувалися рослини з кращими біометричними характеристиками. Для подальшого порівняльного аналізу з усієї сукупності досліджуваних варіантів було відібрано найбільш ефективні біопрепарати та дози їх застосування, за яких встановлено найвищі середні значення основних біометричних показників саджанців сосни звичайної.

До оцінки включено показники висоти сіянців, діаметра кореневої шийки, довжини основного та бічних коренів, повітряно-сухої маси та довжини хвої.

Відібрані варіанти характеризуються найвищими значеннями одного або кількох досліджуваних показників і тому були використані для встановлення найбільш результативних варіантів передпосівної обробки насіння.

Рис. 2. **Камеральна обробка саджанців (філія Тетерівське лісове господарство)**

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Результати оцінювання біометричних показників саджанців сосни звичайної за різних варіантів застосування найбільш ефективних біопрепаратів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Біометричні показники саджанців сосни звичайної за передпосівної обробки насіння біопрепаратами

Варіант	Доза	Висота, см	Діаметр, мм	Довжина осн. кореня, см	Довжина бічних коренів, см	Повітряно–суха маса, мг	Довжина хвої, см	tф
Д1 max	5 мл/ 1 л води	45,0± 0,9	3,4±0,15	24,7±0,7	21,0±0,5	43,8±1,1	4,8± 0,14	6,47
Д11 max	5 мл/ 1 л води	44,2± 0,9	3,3±0,14	25,1±0,7	21,4±0,5	43,2±1,1	4,9± 0,13	6,20
Д2 min	0,5 мл/ 1 л води	36,0± 0,8	3,1±0,13	24,2±0,6	20,5±0,5	42,0±1,0	4,9± 0,12	5,24
Д21 max	5 мл/ 1 л води	35,0± 0,8	3,2±0,14	23,1±0,6	19,7±0,5	41,1±1,1	4,9± 0,13	5,58
Д7 max	5 мл/ 1 л води	34,8± 0,7	3,1±0,12	23,8±0,6	20,1±0,4	41,8±0,9	4,7± 0,11	5,55
Д7А max	5 мл/ 1 л води	34,0± 0,7	3,0±0,13	23,0±0,5	19,4±0,4	40,2±1,0	4,8± 0,12	4,59
Д555В max	4 мл/ 1 л води	33,6± 0,6	3,0±0,09	22,4±0,5	19,9±0,5	40,6±0,8	4,6± 0,10	5,81
Д66А max	0,8 мл/ 1 л води	33,4± 0,6	2,9±0,10	22,6±0,5	19,8±0,5	39,8±0,9	4,6± 0,09	4,69
Азогран	50 мл/ 0,5л води	33,2± 0,7	3,0±0,11	22,9±0,5	19,0±0,4	40,7±0,9	4,6± 0,10	5,15
Вода (контроль)	–	23,5± 0,5	2,3±0,08	10,8±0,4	17,4±0,5	34,8±0,7	4,2± 0,09	–

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

За наведеними даними найвищими біометричними показниками характеризувалися саджанці варіантів Д1 max та Д11 max. У варіанті Д1 max висота саджанцівстановила 45,0±0,9 см, діаметр кореневої шийки - 3,4±0,15 мм, повітряно-суха маса - 43,8±1,1 мг. У варіанті Д11 max висота становила 44,2±0,9 см, довжина основного кореня - 25,1±0,7 см, довжина бічних коренів - 21,4±0,5 см, довжина хвої - 4,9±0,13 см.

Для наочного порівняння морфометричних характеристик саджанців за висотою, отриманих у досліджуваних варіантах передпосівної обробки насіння біопрепаратами, результати представлено на рис. 3.

А Б В Г

Рис. 3. **Порівняння саджанців сосни звичайної за висотою за передпосівної обробки насіння біопрепаратами з Контролем (вода): А– Д1 max; Б – Д11 max; В – Д 2 min; Г – Д66 А.**

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Високими значеннями більшості показників також характеризувалися варіанти Д2 min, Д21 max, Д7 max, Д7А max, Д555В max, Д66А max та Азогран. Висота саджанціву цих варіантах становила 33,2-36,0 см, а повітряно-суха маса - 39,8-42,0 мг. Узагальнення отриманих результатів свідчить, що найбільш виражений позитивний вплив на **комплекс біометричних показників саджанців** встановлено для варіантів **Д1 max та Д11 max.** Варіант Д1 max характеризувався максимальними значеннями висоти (45,0±0,9 см), діаметра кореневої шийки (3,4±0,15 мм) та повітряно-сухої маси (43,8±1,1 мг). Водночас у варіанті Д11 max встановлено максимальні значення довжини основного (25,1±0,7 см) і бічних коренів (21,4±0,5 см), а також високе значення довжини хвої (4,9±0,13 см). Отже, саме ці два варіанти можна виділити як найбільш ефективні за сукупністю досліджуваних біометричних показників саджанцівсосни звичайної.

Для наочного відображення впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами на ріст і розвиток саджанців сосни звичайної було побудовано окремі графіки за основними біометричними показниками: висотою саджанців, діаметром, довжиною основного та бічних коренів, повітряно-сухою масою та довжиною хвої. На графіках наведено результати всіх досліджуваних варіантів найбільш ефективних біопрепаратів у порівнянні з Контролем (вода), що дає змогу наочно оцінити відмінності між варіантами та визначити препарати, за застосування яких сформувалися найвищі значення окремих показників (рис. 4).

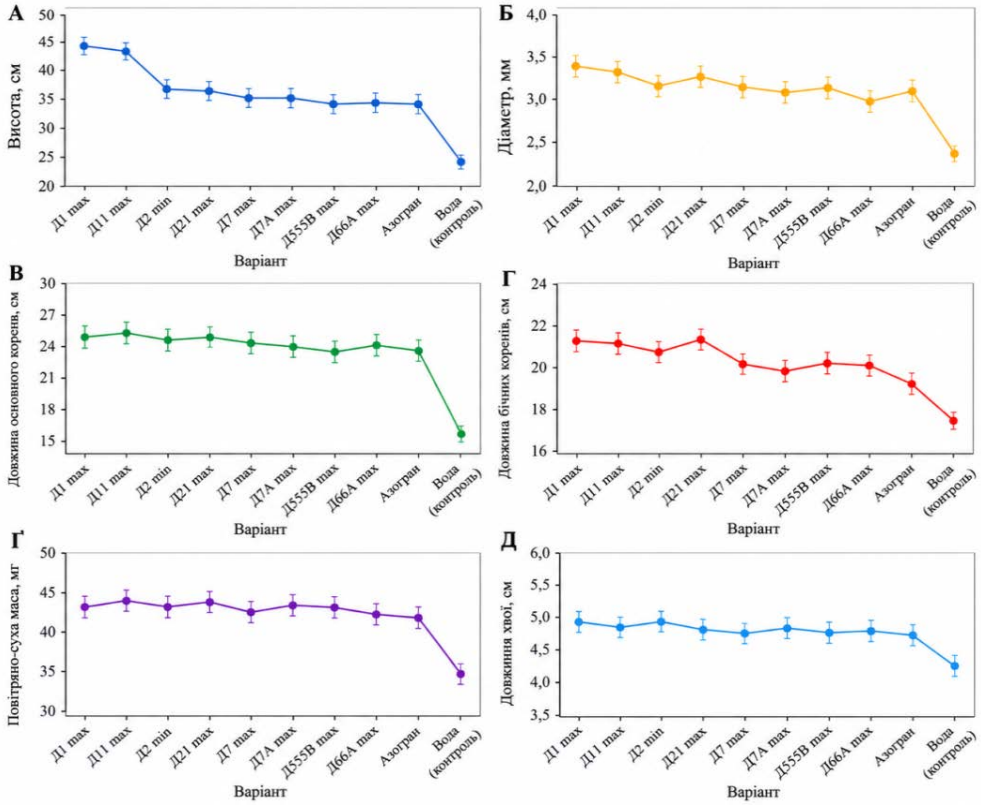

Рис. 4. **Порівняльна характеристика біометричних показників дворічних саджанців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), вирощених за передпосівної обробки насіння біопрепаратами з найвищими середніми значеннями біометричних показників, де А – висота саджанців(см), Б – діаметр кореневої шийки (мм), В – довжина хвої (см), Г – довжина основного кореня (см), Д – довжина бічних коренів (см), Е – повітряно-суха маса саджанців(мг).**

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Аналіз графічного представлення біометричних показників саджанців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) показує чітку перевагу варіантів із передпосівною обробкою насіння біопрепаратами порівняно з контролем. Найвищі значення за сукупністю досліджуваних показників переважно відзначено у варіантах **Д1 max** та **Д11 max,** які характеризувалися найбільшою висотою сіянців, діаметром кореневої шийки, довжиною коренів і повітряно-сухою масою. Водночас окремі варіанти, зокрема **Д2 min, Д21 max та Д7 max**, також демонстрували високі значення окремих біометричних показників.

Для комплексної оцінки впливу біопрепаратів на ріст і розвиток саджанцівсосни звичайної проведено ієрархічний кластерний аналіз за висотою, діаметром кореневої шийки, довжиною основного та бічних коренів, повітряно-сухою масою і довжиною хвої. Показники стандартизували, а кластеризацію виконували методом Варда за евклідовою відстанню. Контрольний варіант (вода) використовували для оцінки відмінності біометричних показників від варіантів із застосуванням біопрепаратів.

Результати ієрархічної кластеризації представлено на рис. 5. Дендрограма дає змогу простежити послідовність об'єднання досліджуваних варіантів та визначити групи біопрепаратів і доз, близьких між собою за комплексом досліджуваних біометричних показників.

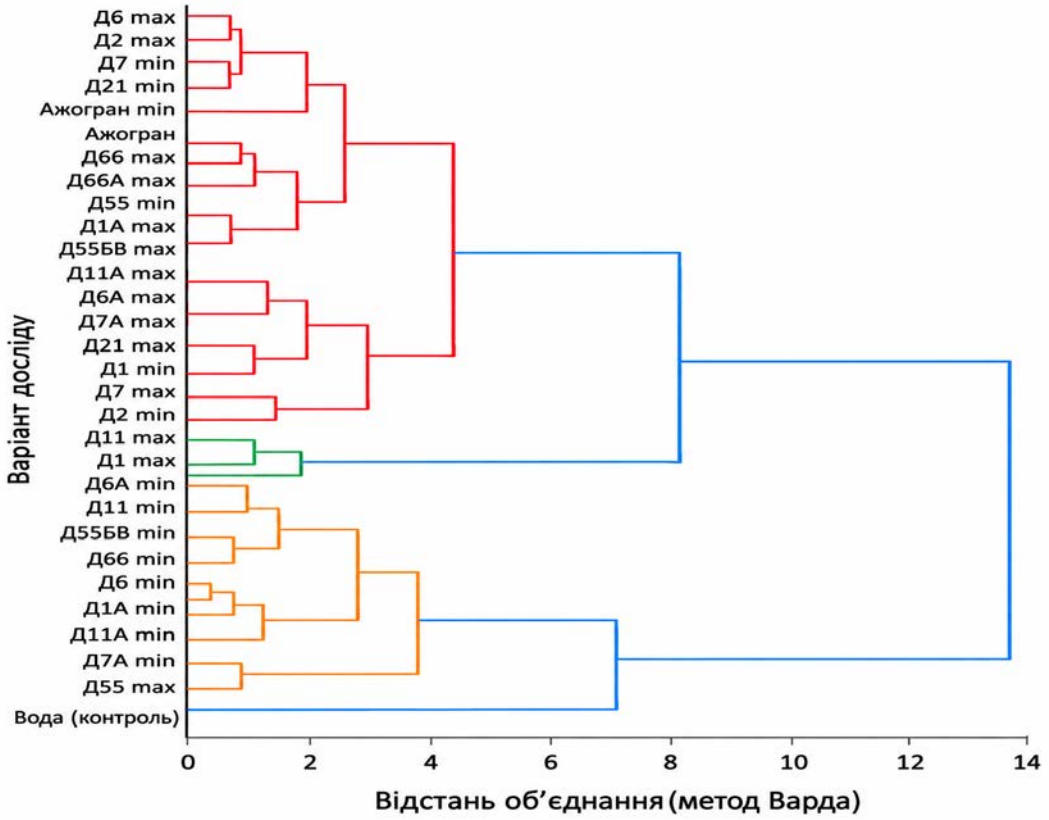

Рис. 5. Дендрограма кластеризації варіантів досліду за комплексом біометричних показників саджанців сосни звичайної

Як видно з дендрограми (рис. 5), досліджувані варіанти чітко диференціюються за сукупністю біометричних показників, що свідчить про істотну відмінність розвитку саджанців без застосування біопрепаратів від рослин у варіантах із біологічними препаратами. Контроль характеризувався найнижчими показниками висоти (23,5 см), діаметра (2,3 мм), довжини основного кореня (10,8 см) та повітряно-сухої маси (34,8 мг), що зумовило його формування в окремий кластер. За результатами кластерного аналізу виділено чотири групи варіантів: контрольну, з низькою, середньою та високою ефективністю. До групи з найвищими біометричними показниками увійшли лише два варіанти - Д1 max та Д11 max. Висота саджанцівстановила відповідно 45,0 та 44,2 см, діаметр кореневої шийки - 3,4 та 3,3 мм, повітряно-суха маса - 43,8 та 43,2 мг. Довжина основного кореня становила 24,7-25,1 см, бічних коренів - 21,0-21,4 см. Найбільшу за кількістю варіантів групу сформували 18 варіантів із середніми значеннями біометричних показників. Ще 9 варіантів характеризувалися відносно нижчими показниками. До цієї групи переважно увійшли варіанти з мінімальними нормами застосування: Д1А min, Д11 min, Д11А min, Д6 min, Д6А min, Д7А min, Д66 min та Д555В min, а також Д55 max.

Таким чином, кластерний аналіз підтвердив перевагу варіантів Д1 max та Д11 max за сукупністю основних біометричних показників. Для додаткової візуалізації взаємозв'язків між досліджуваними варіантами проведено аналіз головних компонент (PCA), який дає змогу представити багатовимірні біометричні дані у двовимірному просторі. Розподіл варіантів за першими двома головними компонентами наведено на рис. 6.

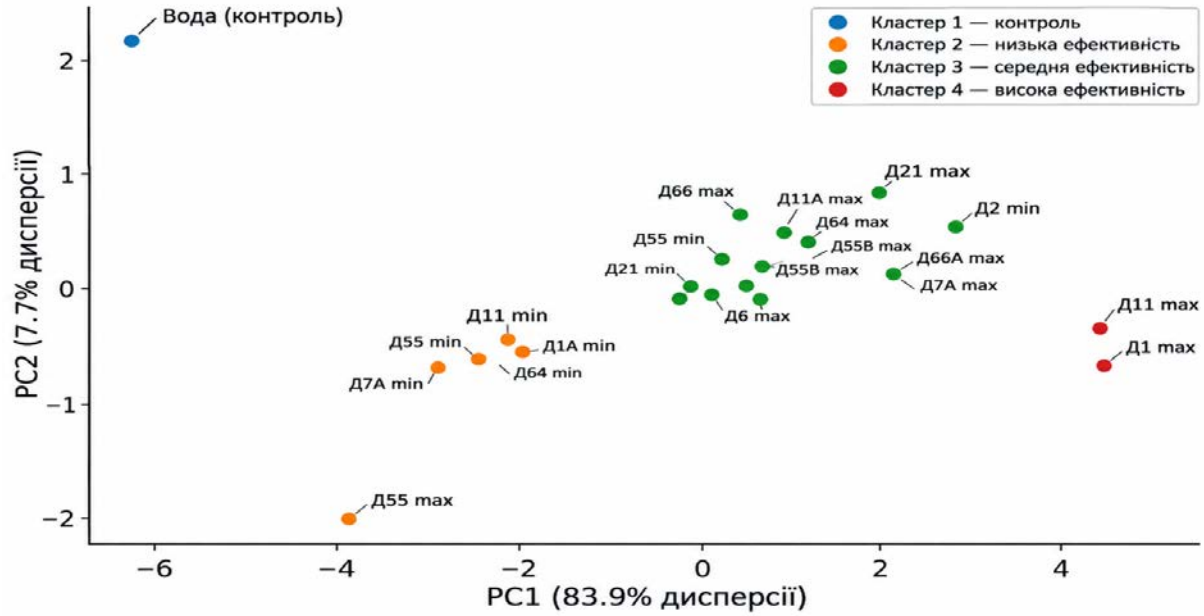

Рис. 6. Розподіл варіантів досліду у просторі перших двох головних компонент за комплексом біометричних показників саджанців сосни звичайної

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Як видно з рис. 7 , перша головна компонента (PC1) пояснює 83,9 % загальної варіації даних, а друга (PC2) – 7,7 %, тобто сукупно перші дві компоненти відображають 91,6 % варіації досліджуваних біометричних показників. Це свідчить про високу інформативність двовимірного представлення та дає змогу достатньо повно оцінити структуру взаємозв'язків між варіантами досліду.

На графіку чітко простежується відокремлення Контрольного варіанта (вода) від усіх варіантів із застосуванням біопрепаратів. Це узгоджується з результатами ієрархічного кластерного аналізу та підтверджує суттєву відмінність морфометричних характеристик саджанців у контрольних умовах.

Найбільш віддалене положення у просторі PCA займають варіанти **Д1 max та Д11 max,** які характеризувалися найвищими значеннями більшості біометричних показників. Основна маса досліджуваних варіантів розташована в центральній частині графіка, що свідчить про їхню відносну подібність за комплексом показників. Водночас варіанти з мінімальними нормами внесення переважно зміщені в напрямі нижчих значень першої головної компоненти, що відповідає нижчому рівню росту саджанців.

Таким чином, РСА підтверджує результати кластерного аналізу та засвідчує наявність чіткої диференціації варіантів за комплексом біометричних ознак. Найбільш перспективними за сукупністю досліджуваних показників виявилися **Д1 max та Д11 max**, тоді як Контроль характеризувався найбільшою віддаленістю від усіх варіантів із застосуванням біопрепаратів.

Висновки і перспективи досліджень. Передпосівна обробка насіння біопрепаратами загалом позитивно впливала на біометричні показники саджанців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) порівняно з Контролем. Ефективність препаратів залежала від їх виду та застосованої дози.

Найвищі значення більшості досліджуваних показників встановлено за використання препаратів Д–1 max та Д–11 max. За Д–1 max висота саджанців становила 45,0±0,9 см, діаметр кореневої шийки – 3,4±0,15 мм, повітряно-суха маса – 43,8±1,1 мг. За Д–11 max отримано найбільші значення довжини основного та бічних коренів – відповідно 25,1±0,7 та 21,4±0,5 см, а також високу довжину хвої – 4,9±0,13 см. Порівняно з контролем застосування Д–1 max забезпечило збільшення висоти саджанців на 91,5 %, діаметра кореневої шийки – на 47,8 %, повітряно-сухої маси – на 25,9 %. За Д–11 max довжина основного кореня була більшою на 132,4 %, а довжина бічних коренів – на 23,0 %. Високі значення окремих біометричних показників також встановлено за варіантами Д-2 min, Д-21 max, Д-7 max, Д-7А max, Д-555В max, Д-66А max та Азогран, що свідчить про перспективність їх подальшого вивчення.

Кластерний аналіз підтвердив диференціацію варіантів за комплексом біометричних показників. Контрольний варіант (вода) сформував окрему групу, тоді як Д-1 max та Д-11 max увійшли до групи з найвищими значеннями досліджуваних ознак.

Аналіз головних компонент підтвердив результати кластеризації: перші дві головні компоненти пояснили 91,6 % загальної варіації даних, а варіанти Д-1 max і Д-11 max характеризувалися найбільш вираженим відокремленням за комплексом біометричних показників. Отже, Д-1 max та Д-11 max у дозі 5 мл/1 л води можна виділити як найбільш перспективні варіанти передпосівної обробки насіння сосни звичайної для формування саджанців із високими показниками росту, розвитку кореневої системи та накопичення біомаси.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні подальшого моніторингу росту та розвитку лісових культур, створених із відібраних саджанцівваріантів із найвищими біометричними показниками, зокрема за препаратами Д1 max, Д11 max, Д2 min, Д21 max, Д7 max, Д7А max, Д555В max, Д66А max

Передбачається оцінювання їх приживлюваності, інтенсивності росту, збереження та якості розвитку в умовах лісових культур. Отримані результати дадуть змогу встановити тривалість позитивного ефекту передпосівної обробки біопрепаратами та оцінити перспективність використання найбільш ефективних препаратів для вирощування високоякісного садивного матеріалу сосни звичайної.

Список використаної літератури

1. Бойко Г.О., Башта О.В., Пузріна Н.В. Вплив біопрепаратів на вирощування однорічних саджанцівсосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Т. 26, № 8. С. 30–34. DOI: 10.15421/40260804.

2. Бойко Г.О., Пузріна Н.В. Схожість та енергія проростання насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) різного кольору. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2015. Вип. 219. С. 113–117. URL: https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article.

3. Бойко Г.О., Пузріна Н.В., Бондар А.О., Гриб В.М. Вплив мікробних агентів і біопрепаратів на їх основі на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris* L. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. № 23. С. 68–78. DOI: 10.15421/412128.

4. Григорюк І.П., Савченко Ю.М., Пономаренко С.П. Вплив біостимулятора «Регоплант» на процеси росту сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Біоресурси і природокористування*. 2014. № 5–6. С. 5–10.

5. Даниленко О.М., Ющик В.С., Румянцев М.Г. Ефективність застосування стимуляторів росту рослин під час створення лісових культур сосни звичайної у ДП «Харківська ЛНДС». *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2024. Вип. 144. С. 69–79. DOI: 10.33220/1026–3365.144.2024.69.

6. Діденко П.В., Романчук Л.Д., Бойко О.А., Сус Н.П., Демченко О.А., Орловський А.В., Бойко А.Л. Ріст і розвиток посадкового матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) за впливу біоорганічних композицій з базидіоміцетів та наночастинок діоксиду церію. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 30. С. 61–66. DOI: 10.35868/1997–3004.30.61–66.

7. Распопіна С.О., Діденко М.В., Белай Ю.В., Горошко В.В., Гармащ А.О. Вплив стимуляторів росту на приживлюваність і ріст сосни звичайної в лісових культурах Слобожанського лісорослинного району України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2022. Вип. 24. С. 120–128. DOI: 10.15421/412210.

8. Савущик М.П., Хромуляк О.І., Шлончак Г.А., Ящук І.В. Вплив регуляторів росту рослин на ріст сіянців сосни звичайної в умовах відкритого ґрунту (ДП «Київська ЛНДС»). *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2020. Вип. 136. С. 78–82. DOI: 10.33220/1026–3365.136.2020.78.

9. Савченко Ю.М., Григорюк І.П., Ліханов А.Ф., Пінчук А.П. Протекторна дія похідного n–оксид–2–метилпіридину на температурний стрес при проростанні насіння сосни звичайної. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 2. С. 83–88.

10. Kwiatkowski D., Knapek J., Słowiński K. The influence of organic plant material on seed germination and development of Scots pine *Pinus sylvestris* L. seedlings. *Leśne Prace Badawcze. Forest Research Papers*. 2019. Vol. 80, No. 2. DOI: 10.2478/frp–2019–0010.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Boyko G.A., Bashta O.V., Puzrina N.V. (2016). Vplyv biopreparativ na vyroshchuvannia odnorichnykh siantsiv sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) [*The influence of biological preparations on the cultivation of one-year-old seedlings of Scots pine (Pinus sylvestris L.)*]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy − Scientific Bulletin of UNFU*. 26(8), 30–34. DOI: https://doi.org/10.15421/40260804 [in Ukrainian].

2. Boiko H.O., Puzrina N.V. (2015). Skhozhist ta enerhiia prorostannia nasinnia sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) riznoho koloru [*Germination and germination energy of Scots pine (Pinus sylvestris L.) seeds of different colors*]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriia: Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo − Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 219, 113–117. https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article [in Ukrainian].

3. Boiko H.O., Puzrina N.V., Bondar A.O., Hryb V.M. (2021). Vplyv mikrobnykh ahentiv i biopreparativ na yikh osnovi na biometrychni pokaznyky siantsiv *Pinus sylvestris* L. [*The influence of microbial agents and biological products based on them on the biometric parameters of Pinus sylvestris L. seedlings*]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy − Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 23, 68–78. DOI: https://doi.org/10.15421/412128 [in Ukrainian].

4. Hryhoriuk I.P., Savchenko Yu.M., Ponomarenko S.P. (2014). Vplyv biostymuliatora «Rehoplant» na protsesy rostu siantsiv sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) [Influence of the biostimulator “Regoplant” on growth processes of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 5–6, 5–10. [in Ukrainian].

5. Danylenko O.M., Yushchyk V.S., Rumiantsev M.H. (2024). Efektyvnist zastosuvannia stymuliatoriv rostu roslyn pid chas stvorennia lisovykh kultur sosny zvychainoi u DP «Kharkivska LNDS» [*Effectiveness of the use of plant growth stimulants when creating Scots pine forest plantations in Kharkiv Forest Research Station*]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia − Forestry and Forest Melioration*. 144, 69–79. DOI: https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.69. [in Ukrainian].

6. Didenko P.V., Romanchuk L.D., Boiko O.A., Sus N.P., Demchenko O.A., Orlovskyi A.V., Boiko A.L. (2019). Rist i rozvytok posadkovoho materialu sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) za vplyvu bioorhanichnykh kompozytsii z bazydiomitsetiv ta nanochastynok dioksydu tseriiu [*Growth and development of planting material of Scots pine (Pinus sylvestris L.) under the influence of bioorganic compositions from basidiomycetes and cerium dioxide nanoparticles*]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia − Agricultural Microbiology*. 30, 61–68. DOI: https://doi.org/10.35868/1997-3004.30.61-68. [in Ukrainian].

7. Raspopina S.P., Didenko M.M., Bila Yu.M., Horoshko V. V., Harmash A. V. (2022). Vplyv stymuliatoriv rostu na pryzhyviuvanist i rist sosny zvychainoi v lisovykh kulturakh Slobozhanskoho lisoroslynnoho raionu Ukrainy [*Influence of growth stimulators on survival and growth of Scots pine in forest plantations of the Slobozhansky forest vegetation district of Ukraine*]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy − Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 24, 120–128. DOI: https://doi.org/10.15421/412210. [in Ukrainian].

8. Savushchyk M. P., Khromuliak O. I., Shlonchak H. A., Yashchuk I. V. (2020). Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn na rist siantsiv sosny zvychainoi v umovakh vidkrytoho gruntu (DP «Kyivska LNDS») [Influence of plant growth regulators on growth of Scots pine seedlings in open ground (in Kyiv Forest Research Station)]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia − Forestry and Forest Melioration*. 136, 78–82. DOI: https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.78. [in Ukrainian].

9. Savchenko Yu. M., Hryhoriuk I. P., Likhanov A. F., Pinchuk A. P. (2016). Protektorna diia pokhidnoho *N*-oksyd-2-metylpirydynu na temperaturnyi stres pry prorostanni nasinnia sosny zvychainoi [Protective effect of derivative of the *N*-oxide-2-methylpyridine on temperature stress during germination of Scots pine seeds]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia − Balanced Nature Using*. 2, 83–88. [in Ukrainian].

10. Kwiatkowski D., Słowiński K., Knapek J. (2019). The influence of organic plant material on seed germination and development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Leśne Prace Badawcze − Forest Research Papers*. 80(2), 117–123. DOI: https://doi.org/10.2478/frp-2019-0010. [in English].

ANNOTATION
EFFECT OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE BIOMETRIC PARAMETERS OF SCOTS PINE SEEDLINGS

The effect of pre-sowing seed treatment with biological preparations on the biometric parameters of Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings was studied. The research object was Scots pine seedlings grown under different pre-sowing seed treatment regimes with biological preparations, while the research subject comprised the biometric parameters of the seedlings. The aim of the study was to determine the effectiveness of biological preparations based on qualitative and quantitative growth parameters of the seedlings. The study was conducted in 2023–2024, assessing seedling height, root collar diameter, length of the main and lateral roots, air-dry mass, and needle length. A total of 31 treatment variants were studied using minimum and maximum application rates of the biological preparations D–1, D–1A, D–11, D–11A, D–2, D–21, D–6, D–6A, D–7, D–7A, D–66, D–66A, D–555V, D–55, and Azogran; the control treatment involved soaking the seeds in water. The highest values for most biometric parameters were recorded for D–1 max and D–11 max at a dose of 5 mL/1 L of water. Under D–1 max, seedling height was 45.0±0.9 cm, root collar diameter was 3.4±0.15 mm, and air-dry mass was 43.8±1.1 mg, which were 91.5, 47.8, and 25.9% higher, respectively, than in the Control (23.5±0.5 cm; 2.3±0.08 mm; 34.8±0.7 mg). Under D–11 max, seedling height was 44.2±0.9 cm, diameter was 3.3±0.14 mm, main root length was 25.1±0.7 cm, lateral root length was 21.4±0.5 cm, air-dry mass was 43.2±1.1 mg, and needle length was 4.9±0.13 cm. In this treatment variant, the lengths of the main and lateral roots exceeded those of the Control by 132.4 and 23.0%, respectively. High values were also obtained for D–2 min (0.5 mL/1 L of water), D–21 max (5 mL/1 L of water), D–7 max (5 mL/1 L of water), D–555V max (4 mL/1 L of water), and Azogran (50 mL/0.5 L of water). Cluster analysis using Ward's method demonstrated the differentiation of the treatment variants according to a set of biometric traits: the Control formed a separate cluster, whereas D–1 max and D–11 max were included in the group with the highest parameter values. The results confirm the potential of D–1 max and D–11 max for the production of Scots pine planting material.

Keywords: *Scots pine, biological preparations, pre-sowing seed treatment, seedlings, biometric parameters, cluster analysis.*

Table 1, Fig. 6, Ref. 10.

Інформація про авторів

Мазурчук Ганна Олексіївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент, кафедра лісівництва, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; hanna.boiko@nubip.edu.ua. ORCID:https://orcid.org/0000-0001-7472-7972).

Васьків Тарас Ярославович, аспірант, кафедра лісівництва, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; Vaskiv_t@ukr.net, ORCID:https://orcid.org/0009-0000-9529-3050).

Гриб Володимир Макарович, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор, кафедра лісівництва, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; gvm1958@nubip.edu.ua, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5359-6053).

Пузріна Наталія Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри лісівництва, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041; npuzrina@nubip.edu.ua, ORCID:https://orcid.org/0000-0003-1645-7489).

Бала Олександр Петрович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент, кафедра таксації лісу та лісового менеджменту, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041;. bala@nubip.edu.ua, ORCID:https://orcid.org/0000-0001-6538-8876).

Mazurchuk Hanna Oleksiivna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine, 03041; e-mail: hanna.boiko@nubip.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7472-7972).

Vaskiv Taras, PhD student, Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine, 03041; e-mail: Vaskiv_t@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0009-0000-9529-3050).

Hryb Volodymyr Makarovych, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine, 03041; e-mail: gvm1958@nubip.edu.ua, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5359-6053).

Puzrina Nataliia Vasylivna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine, 03041; e-mail: npuzrina@nubip.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1645-7489).

Bala Oleksandr Petrovych, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Forest Inventory and Forest Management, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, Ukraine, 03041; e-mail: bala@nubip.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6538-8876).

Надходження статті 14.09.26.
Прийнято 05.10.26.
Опубліковано 31.10.26.