

РІСТ І РОЗВИТОК ПОСАДКОВОГО МАТЕРІАЛУ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ЗА ВПЛИВУ БІООРГАНІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙ З БАЗИДИОМЦЕТІВ ТА НАНОЧАСТИНОК ДІОКСИДУ ЦЕРІЮ

П. В. Діденко¹, Л. Д. Романчук¹, О. А. Бойко², Н. П. Сус³,
О. А. Демченко⁴, А. В. Орловський³, А. Л. Бойко³

¹Житомирський національний агроекологічний університет
бульвар Старий, 7; м. Житомир, 10008, Україна; e-mail: Wood112@ukr.net

²Національний університет біоресурсів і природокористування України
вулиця Героїв Оборони, 15; м. Київ, 03041, Україна

³Інститут агроекології і природокористування НААН
вулиця Метрологічна, 12; м. Київ, 03143, Україна

⁴Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України
вулиця Академіка Заболотного, 154; м. Київ, 03680, Україна

Мета. Дослідити вплив біоорганічної композиції «Біоекофунге-1» та наночастинок діоксиду церію на ріст і розвиток посадкового матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.).
Методи. Біотехнологічні, екологічні, вірусологічні, мікробіологічні. **Результати.** Продемонстровано стимулювальний ефект «Біоекофунге-1» та наночастинок діоксиду церію на посадковий матеріал сосни звичайної, а саме прискорення росту і розвитку як наземних, так і підземних органів рослин. Унаслідок обприскування сіянців сосни звичайної 0,5 %-им розчином «Біоекофунге-1» спостерігається приріст сіянців за висотою в середньому на 39,05 %, а за масою коріння в середньому на 51,85 % проти контрольної групи, яку обприскували водою. Також виявлено, що внаслідок обприскування сіянців сосни звичайної комплексним розчином «Біоекофунге-1» та наночастинок діоксиду церію спостерігається приріст сіянців за висотою в середньому на 31,52 %, а за масою коріння в середньому на 23,49 % проти контрольної групи, яку обприскували водою. З'ясовано, що дія «Біоекофунге-1» в комплексі з наночастинками діоксиду церію має антипатогенний та оздоровлювальний ефект, а саме — у 3–7 % рослин сосни звичайної контрольної групи спостерігалось кільцеве загнивання біля кореневої шийки, яке було відсутнє в рослин, які оброблялися як «Біоекофунге-1», так і в комплексі з наночастинками діоксиду церію. Водночас ґрунтове середовище, в якому вирощували рослини контрольної групи, було контаміноване патогенами різних таксонів, тоді як ґрунтове середовище, в якому вирощували рослини, оброблені «Біоекофунге-1», та «Біоекофунге-1» у комплексі з наночастинками діоксиду церію не містило збудників.
Висновки. Застосування як «Біоекофунге-1», так і «Біоекофунге-1» в комплексі з наночастинками діоксиду церію є ефективним способом отримання якісного посадкового матеріалу сосни звичайної. Встановлено, що ці засоби стимулюють ріст і розвиток рослин сосни звичайної.

Ключові слова: *Pinus sylvestris*, Біоекофунге-1, наночастинки діоксиду церію, стимулятор росту і розвитку.

Вступ. Антропогенне навантаження, а також спонтанне знищення лісових масивів в Україні індукувало складні деструктивні зміни в біоценозах Полісся України. За таких умов у деревних рослин лісових масивів виявляються різні патологічні процеси, які час-

то виникають унаслідок глобального потепління та неконтрольованого поширення збудників хвороб різних таксонів. Водночас патологічний вплив на живі системи лісу підсилюється за умов змішаної інфекції та появи нових шкідників, що становлять значну небезпеку для сосни звичайної, яка донедавна була стратегічною культурою для різних галузей господарювання. Варто зазначити, що застосування хімічних пестицидів та радіаційне навантаження ще більше ускладнюють ріст і розвиток лісової рослинності. Результати аналізу різнопланових державних програм щодо збереження біорізноманіття лісів та збільшення лісистості України свідчать про їх декларативний характер та про необхідність формування нового підходу до розв'язання вищезазначених проблем, який слід доповнити новим баченням екологічних та біотехнологічних заходів порятунку лісових екосистем. Такого підходу потребують всі живі об'єкти лісових біоценозів [1–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати наших різнопланових досліджень показують, що, наприклад, сосна звичайна уражується збудниками хвороби Шютте на окремих ділянках лісу до 83 %, короїдами, фітогельмінтами — до 50 %. Водночас береза в різних регіонах Полісся інфікується вірусом огіркової мозаїки, який індукує в останньої енації різної форми, які найкраще спостерігаються в 5–10 річному віці. Вірусологічний скринінг осики з мозаїчними симптомами виявив у таких рослин ниткуваті вірусоподібні частки довжиною 610–725 нм, подібні до вірусу карлагрупи, який уражує дикий хміль, а також ліщину в латентній формі. Результати наших попередніх досліджень також свідчать, що різноманітні види рослин, як-от різні види клену, подорожника уражуються ізолятами вірусу тютюнової мозаїки (ВТМ), які часто формують з патогенами різних таксонів змішані інфекції (змішане ураження). Водночас спостерігається складна ситуація щодо розповсюдження патогенів лісових екосистем, які уражують шапінкові гриби [4]. Вищезазначена інформація свідчить про необхідність створення нових технологічних процесів отримання здорового посадкового матеріалу для лісових екосистем.

Вперше для цих потреб розроблено технологію оздоровлення рослин з метою отри-

мання якісного садивного матеріалу сосни звичайної, в якій використовуються біоорганічні композиції, що приготовані з екстрактів грибів-базидіоміцетів. Для розроблення технології проведено комплекс різнопланових дослідів щодо дієвості використання окремих видів грибів задля їх подальшого застосування у вищезазначеній технології. У цій технології застосовується модифікація методу фракціонування глікозидаз мікроорганізмів [5–6], інший методичний підхід використано у досліді з використанням нанодисперсного діоксиду церію [7].

Нині не існує єдиної думки щодо доцільності та ефективності застосування діоксиду церію в рослинництві. За накопичення в клітинах, цитотоксичність церію зумовлюється індукцією синтезу активних форм кисню (АФК). Біологічна активність церію здебільшого визначається близькістю іонних радіусів Ca^{2+} і Ce^{3+} , що уможлиблює заміщення останнім Ca^{2+} у складі біомолекул. Водночас варто зазначити, що пряма пропорційна залежність «доза-відгук» не властива біологічним ефектам церію. Наприклад, замочування насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в суспензії з низькою концентрацією (≤ 10 мкМ) наночастинок діоксиду церію (НДЦ) спричинює зниження вмісту хлорофілу *b* та фенолів у сіянцях зі зростанням вмісту каротиноїдів, енергії проростання. За таких умов застосування високих концентрацій (>100 мкМ) НДЦ, якщо порівняти з ефектами середніх концентрацій (10–100 мкМ), спричинювало зниження енергії проростання, показника проростання тощо. Варто також зазначити, що найоптимальнішим діаметром цих наночастинок вважається 2–4 нм. Отже, для отримання якісних сіянців *P. sylvestris* найефективнішою дозою НДЦ є 100 мкМ [7].

Метою нашої роботи було отримання якісного посадкового матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.).

Матеріали та методи досліджень. Для дослідів використано насіння сосни звичайної, схожість, морфологічні показники та контамінованість патогенами якого встановлювали заздалегідь. Біоорганічну композицію «Біоекофунге-1» надано кафедрою фізіології, біохімії рослин та біоенергетики Національного університету біоресурсів і природокористування України [5]. Біокомпозиція адап-

тована та перевірена на різних видах рослин (хмелю, соняшнику, сої, томатах, буряку цукровому, гречці та деяких видах деревних та кущових рослин). Об'ємна частка «Біоекофунге-1» стандартного розчину становила 0,5 %. У дослідях для кращого укорінення рослин сосни звичайної також у поєднанні з «Біоекофунге-1» застосовували НДЦ (2–4 нм) [7], які було надано для дослідів відділом проблем інтерферону та імуномодуляторів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Об'ємна частка НДЦ стандартного розчину становила 0,001 %.

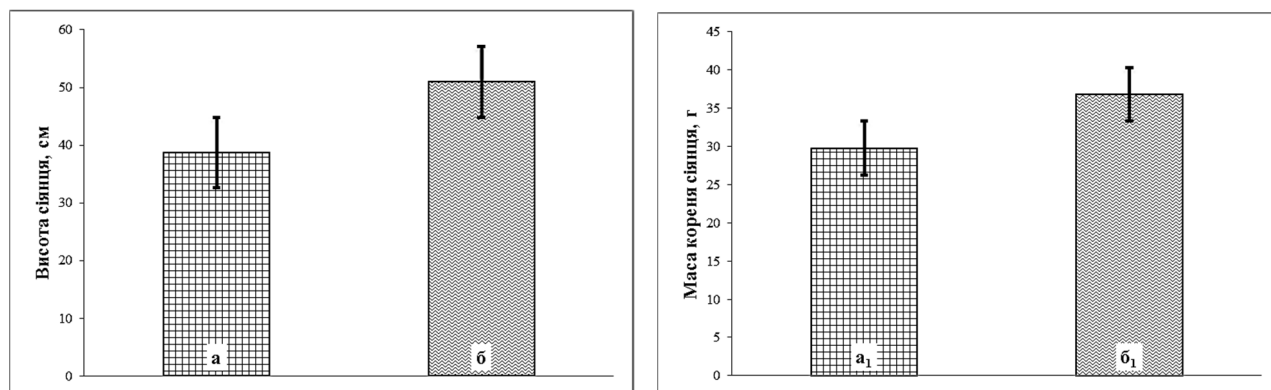
Піл час виконання дослідів реєстрували ріст і розвиток сіянців (посадковий матеріал, що був вирощений з насіння у відкритому ґрунті та не пересаджувався) сосни звичайної, а також тестували ґрунт та рослини на контамінацію патогенами (бактеріями, мікроскопічними грибами, вірусами). Методами світлової мікроскопії визначали (у процесі дослідження) стан анатомічних показників кореневої шийки сіянців сосни. За потреби використовували фосфатний буфер рН 7,2–7,4. Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за використання програми Microsoft® Office Excel.

Результати та їх обговорення. У процесі досліджень встановлено, що як дія біоорганічної композиції «Біоекофунге-1», так і комплексна дія «Біоекофунге-1» у поєднанні з наночастинками діоксиду церію (CeO_2) зумовлює підвищення продуктивності посадкового матеріалу (сіянці) сосни звичайної. Водночас обприскування сіянців сосни 0,5 %-им розчином композиції «Біоекофун-

ге-1» сприяло значному збільшенню приросту сіянців (рис. 1), а дворазове позакореневе підживлення одно- та дворічного посадкового (сіянці) матеріалу 0,5 %-им розчином «Біоекофунге-1» у поєднанні з 0,001 %-им розчином наночастинок діоксиду церію (CeO_2) (рис. 2) стимулювало ріст і розвиток як кореневої системи, так і надземних органів сіянців, та формувало стійкість до хвороб.

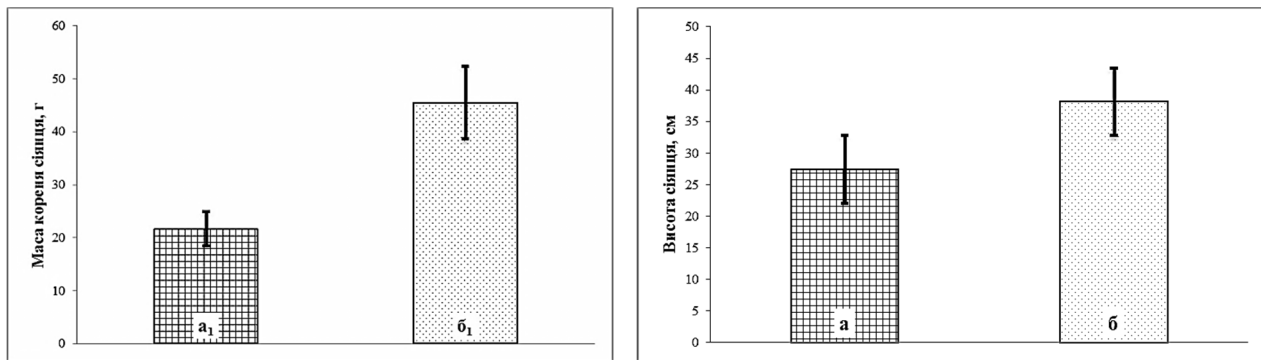
Варто підкреслити, що позитивні результати нами отримано в дослідях з використанням «Біоекофунге-1» у комплексі з наночастинками діоксиду церію, який застосовували в такому співвідношенні: 0,02 л 0,001 %-го розчину НДЦ та 8 л 0,5 %-го розчину «Біоекофунге-1». За таких умов надземні і підземні органи рослин мали значний приріст. На нашу думку, НДЦ можуть бути носіями біохімічних фракцій із грибів. До того ж, як показали результати дослідів, ґрунт під рослинами майже не був контамінований патогенними бактеріями, мікроскопічними грибами, а також вірусами з чіткими морфологічними ознаками ВТМ (вірусу тютюнової мозаїки) та ниткуватих карлавірусів (630–675 нм довжиною). Такі частки нами реєструвалися на рослинах дикого хмелю (*Humulus lupulus* L.), ліщини (*Corylus avellana* L.). За цих обставин залишається відкритим питання: чи здатні ці збудники уражувати сосну звичайну?

Важливо, що у деяких контрольних рослин сосни (3–7 %) спостерігається кільцеве загнивання біля кореневої шийки. Це загнивання (у поперечному зрізі) мало ледь помітне розтріскування, яке простягається від



- а — контрольна група (висота сіянців, обприскування H_2O);
- а₁ — контрольна група (маса кореня, обприскування H_2O);
- б — висота сіянців (обприскування 0,5 %-им розчином «Біоекофунге-1»);
- б₁ — маса кореня (обприскування 0,5 %-им розчином «Біоекофунге-1»).

Рис. 1. Вплив «Біоекофунге-1» на ріст і розвиток сіянців сосни звичайної.



а — контрольна група (висота сіянців, обприскування H₂O);
 а₁ — контрольна група (маса кореня, обприскування H₂O);
 б — висота сіянців (обприскування комплексним розчином «Біоекофунге-1» та НДЦ);
 б₁ — маса кореня (обприскування комплексним розчином «Біоекофунге-1» та НДЦ).

Рис. 2. Вплив змішаної стимулюючої композиції на ріст і розвиток сіянців сосни звичайної.

епідермісу до ксилеми. Вважаємо, що таке загнивання має бути додатковим критерієм оцінки якості посадкового матеріалу сосни. Що ж до бактерій і мікроскопічних грибів, то вони найчастіше належали до бактерій роду *Pseudomonas*, а гриби, які контамінували прикореневу зону, — до роду *Fusarium* і рідше — роду *Penicillium*.

Відповідно до результатів досліджень ми припускаємо, що патогени (бактерії, мікроскопічні гриби та віруси) рослин здатні мігрувати в ґрунтовому середовищі. Проте це припущення потребує подальших спеціалізованих дослідів.

Висновки. Отже, біоорганічна композиція «Біоекофунге-1», приготована з екстрактів грибів-базидіоміцетів, стимулює ріст і розвиток сіянців сосни, зокрема надземних органів сіянців. Водночас за інтегрованого застосування композиції «Біоекофунге-1» та наночастинок (2–4 нм) діоксиду церію, крім стимулювальної дії, спостерігаються й антипатогенний та оздоровчий ефекти. Проте для виключно стимулювання росту і розвитку сіянців сосни звичайної ефективнішим є застосування лише композиції «Біоекофунге-1».

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Romanchuk L., Didenko P. Ecological and biological properties of the causative agent of pine-leaf cast of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) under conditions of Zhytomyr Polissya forests. *Scientific Horizons*. 2019. № 80 (7). P. 3–7. doi: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-3-7

2. Skrzecz I., Perlińska A. Current Problems and Tasks of Forest Protection in Poland. *Folia Forestalia Polonica*. 2018. № 60(3), P. 161–172. doi: 10.2478/ffp-2018-0016

3. Mellander P.-E., Löfvenius M. O., Laudon H. Climate change impact on snow and soil temperature in boreal Scots pine stands. *Climatic Change*. 2007. № 85 (1-2). P. 179–193. doi: 10.1007/s10584-007-9254-3

4. Boyko A. Phytoviruses as Indicators of Environment. F. Brechignac, G. Desmet (Eds.). *Equidosimetry. Ecological Standardization and Equidosimetry for Radioecology and Environmental Ecology*. Printed in the Netherlands. P. 57–64. doi: 10.1007/1-4020-3650-7_7

5. Wojko A. L., Nykytyuk Y. A., Spivak M. Y., Wojko O. A., Rudyk R. I., Chabanyuk Ya. V. ... Orlovskyy A. V. Economically profitable novel quality evaluation method for raw hop (*Humulus lupulus* L.). *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 3–4. С. 5–10. doi: 10.31548/bio2018.03.001

6. Бойко О. А., Весельський С. П., Григорюк І. П., Мельничук М. Д. Створення біопрепаратів на основі біохімічних компонентів різних видів базидіоміцетів та вищих рослин. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Біологія, біотехнологія, екологія*. 2014. № 204. С. 120–127.

7. Pinchuk A. P., Likhanov A. F., Babenko L. P., Kryvtsova M. V., Demchenko O. D., Sherbakov O. B. ... Spivak M. Ya. The influence of cerium dioxide nanoparticles on germination of seeds and plastic exchange of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Biotechnologia Acta*. 2017. Vol. 10, № 5. P. 63–71. doi: 10.15407/biotech10.05.063

Отримано 01.08.2019

GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTING MATERIAL OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) UNDER THE INFLUENCE OF BIOORGANIC COMPOSITIONS FROM BASIDIOMYCETES AND CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES

P. V. Didenko¹, L. D. Romanchuk¹, O. A. Boyko², N. P. Sus³,
O. A. Demchenko⁴, A. V. Orlovskiy³, A. L. Boyko³

¹Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr
e-mail: Wood112@ukr.net

²National University of Life and Environmental Science of Ukraine, Kyiv

³Institute of Agroecology and Environmental management, NAAS, Kyiv

⁴Institute of Microbiology and Virology, NAS Ukraine, Kyiv

Objective. To research the influence of bioorganic composition Bioekofunge-1 and cerium dioxide nanoparticles on growth and development of planting material of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). **Methods.** Biotechnological, environmental, virological and microbiological methods. **Results.** The stimulating effect of Bioekofunge-1 and cerium dioxide nanoparticles on planting material of Scots pine, namely acceleration of growth and development of both aboveground and underground organs of pine plants, has been demonstrated. Specifically, we have found that treatment of Scots pine seedlings with 0.5 % Bioekofunge-1 solution results in average increase of height by 39.05 % and average increase in weight of roots by 51.85 % compared to the control group treated with water. Also, we have shown that treatment of Scots pine seedlings with 0.5 % Bioekofunge-1 solution and 0.001 % solution of cerium dioxide nanoparticles results in increase of height by 31.25 % and average increase in weight of roots by 23.49 % compared to the control group treated with water. Our research has brought to light antipathogenic and healing effect of integrated treatment with cerium dioxide nanoparticles and bioorganic composition Bioekofunge-1, namely 3–7 % of Scots pine seedlings in the control group had ring rotting near the root collar, which was absent in the seedlings, which were treated with 0.5 % Bioekofunge-1 solution and 0.001 % solution of cerium dioxide nanoparticles. At the same time, soil environment in which the plants of the control group were grown, was contaminated with pathogens of different taxa, while soil environment where plants treated with both Bioekofunge-1 and Bioekofunge-1 in combination with cerium dioxide nanoparticles were grown, did not contain pathogens. **Conclusion.** Applying both Bioekofunge-1 and Bioekofunge-1 in combination with cerium dioxide nanoparticles is an effective way to obtain healthy planting material of Scots pine. It was established that these agents stimulate the growth and development of Scots pine plants.

Key words: *Pinus sylvestris*, Bioekofunge-1, cerium dioxide nanoparticles, stimulator of plant growth and development.

REFERENCES

1. Romanchuk, L., & Didenko, P. (2019). Ecological and biological properties of the causative agent of pine-leaf cast of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) under conditions of Zhytomyr Polissya forests. *Scientific Horizons*, 80(7), 3–7. doi: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-3-7

2. Skrzecz, I., & Perlińska, A. (2018). Current Problems and Tasks of Forest Protection in Poland. *Folia Forestalia Polonica*, 60(3), 161–172. doi: 10.2478/ffp-2018-0016

3. Mellander, P.-E., Löfvenius, M. O., & Laudon, H. (2007). Climate change impact on snow and soil temperature in boreal Scots pine stands. *Climatic Change*, 85(1-2), 179–193. doi:10.1007/s10584-007-9254-3

4. Boyko, A. Phytoviruses as Indicators of Environment. F. Brechignac, & G. Desmet (Eds.). *Equidosimetry. Ecological Standardization and Equidosimetry for Radioecology and Environmental Ecology* (pp. 57–64). Printed in the Netherlands. doi: 10.1007/1-4020-3650-7_7

5. Bojko, A. L., Nykytyuk, Y. A., Spivak, M. Y., Bojko, O. A., Rudyk, R. I., Chabanyuk, Ya. V. ... Orlovskyy, A. V. (2018). Economically profitable novel quality evaluation method for raw hop (*Humulus lupulus* L.). *Bioresursy i pryrodokorystuvannia — Bioresources and environmental management*, 10 (3–4), P. 5–10. doi: 10.31548/bio2018.03.001
6. Boyko, O. A., Veselskiy, S. P., Grygoryuk, I. P., & Melnychuk, M. D. (2014). Stvorennia biopreparativ na osnovi biokhimichnykh komponentiv riznykh vydiv bazydiomitsetiv ta vyshchykh roslyn [Creation of biological products based on biochemical components of different types of plants and higher Basidiomycetes]. *Naukovyi visnyk Na-*
- tsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya : Biologhiia, biotekhnologhiia, ekolohiia — Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences. A series of "Biology, Biotechnology, Ecology", 204, 120–127 [in Ukrainian].*
7. Pinchuk, A. P., Likhanov, A. F., Babenko, L. P., Kryvtsova, M. V., Demchenko, O. D., Sherbakov, O. B. ... Spivak, M. Ya. (2017). The influence of cerium dioxide nanoparticles on germination of seeds and plastic exchange of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Biotechnologia Acta*, 10(5), 63–71. doi: 10.15407/biotech10.05.063

Received 01.08.2019